차 례

머리말

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우리는 탄광을 비롯한 채취공업부문에 힘을 넣어야 합니다.》

채취공업은 인민경제 여러 부문에 필요한 원료와 연료를 보장하여 주는 선행부문으로서 이 부문을 앞세우는것은 경제발전에서 필수적요구라고 말할수 있다.

광업이나 석탄공업은 땅속에 묻혀있는 광석이나 석탄을 캐내여 금속공업, 전력공업, 화학공업, 건재공업 등 인민경제 여러 부문에 보내주는 중요한 부문이다.

국방공업과 경제건설에 필요한 철을 생산하자면 광산과 탄광들에서 쇠돌과 석탄을 캐내여 제철소와 제강소들에 보내주어야 하며 제련소들에서 금, 은, 동, 알루미니움과 같은 유색금속들을 생산하자고 해도 광석을 캐내여 제련소들에 보내주어야 한다.

경애하는 수령님과 위대한 장군님께서는 인민경제발전에서 광업과 석탄공업이 차지하는 위치와 중요성을 깊이 헤아리시고 몸소 탐사대와 광산, 탄광들을 찾으시여 광업과 석탄공업이 나아갈 방향과 방도를 하나하나 가르쳐주시였다.

경애하는 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 오늘 광업과 석탄공업은 다른 모든 부문에 확고히 앞서나가게 되였으며 우리의 공업은 자체의 튼튼한 원료, 연료기지를 가지게 되였다.

오늘 선군시대의 경제건설로선을 철저히 관철하는데서 석탄공업, 광업부문앞에는 생산을 높은 수준에서 정상화함으로써 날로 늘어나는 광석과 석탄에 대한 인민경제적수요를 원만히 보장해주는것이 중요한 과업으로 나서고있다.

《광업》과목에서는 지하자원을 찾아내고 그것을 캐내는 작업공정과 거기에 쓰이는 기계설비들을 비롯하여 이 부문의 가장 일반적인 기초기술지식을 배우게 된다.

제1장. 지하자원의 탐사

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《땅속에 묻혀있는 자원을 캐내자면 먼저 어디에 어떤 자원이 얼마나 매장되여있는가 하는것을 정확히 알아야 합니다.》

땅속에 묻혀있는 광석이나 석탄과 같은 지하자원은 아무데나 있는것이 아니라 일정한 법칙성을 가지고 분포되여있다.

그러므로 덮어놓고 아무곳이나 파낸다고 하여 광석이나 석탄이 나오는것이 아니다.

지하자원에 대한 탐사를 앞세우면 어떤 자원이 어디에 얼마나 어떻게 매장되여있는가를 알수 있고 이렇게 되여야 그곳에 광산과 탄광을 건설하고 지하자원을 캐낼수 있다.

제1절. 지하자원에 대한 개념

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우리 나라는 세계의 〈광물표본실〉이라고 불리울 정도로 지하자원이 풍부합니다.》

지하자원이란 금속공업, 전력공업, 기계공업, 화학공업 등 인민경제 모든 부문에서 원료와 연료로 쓸수 있는 땅속의 광석들과 암석들을 말한다.

지하자원에 대한 개념은 고정되여있지 않으며 과학과 기술이 발전함에 따라 그 포괄범위도 달라지게 된다. 다시말하여 과학과 기술이 발전함에 따라 지금은 지하자원으로 되지 않던것이 앞으로는 지하자원으로 될수 있다.

지하자원은 크게 금속지하자원, 비금속지하자원, 가연성지하자원 그리고 지하수자원으로 나눈다.

금속지하자원이란 Fe, Cu, Pb, Zn, Ni, Mo 등과 같은 금속들을 뽑을수 있는 자원을 말한다.

비금속지하자원이란 S, P_2O_5, K_2O와 같은 비금속원소나 그의 화합물에서 비금속을 뽑아쓰거나 대리암, 화강암, 점판암과 같이 캐낸것을 그대로 가공하여 쓸수 있는 자원을 말한다.

가연성지하자원이란 석탄, 원유, 천연가스와 같이 태워서 열을 얻

을수 있는 자원을 말한다.

지하수자원이란 땅속에 있는 여러가지 형태의 물자원을 말한다.

지하자원은 구체적으로는 광상(또는 탄상)을 이루고있으며 광상(또는 탄상)은 광체(또는 탄층)로 이루어져있다.

광상은 지하자원의 질과 량 그리고 그의 개발조건으로 보아 채굴할수 있는 광체들이 하나 또는 몇개 집중적으로 분포되여있는 일정한 구역이다.

1. 광 물

1) 광물에 대한 개념

지하자원은 여러가지 광물로 이루어져있다.

광물이란 지각에서 일어나는 물리 및 화학적작용에 의하여 생긴 자연원소 또는 자연화합물을 말한다.

자연계에서 광물은 여러가지 형태 즉 복잡한 화합물상태와 드물게 단순물상태로 존재한다.

실례로 황동광($CuFeS_2$), 방연광(PbS), 석영(SiO_2) 등과 같은 광물은 2개이상의 원소들로 화합물을 이루고있으며 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 류황(S), 금강석(C) 등과 같은 광물은 단순물로 이루어져있다.

광물은 고체, 액체, 기체상태로 있는데 그 대부분이 고체상태이고 액체와 기체상태는 드물다.

액체광물로는 원유, 수은 등을 들수 있으며 기체광물로는 천연가스를 들수 있다.

지금까지 찾아낸 광물의 수는 수천종이나 되는데 우리 나라에서 찾아낸 광물의 수만도 400여종이상이나 되며 이가운데서 경제적으로 리용가치가 있는 광물의 수는 200여종이나 된다.

이렇게 경제적으로 귀중하게 리용되는 광물들을 가리켜 유용광물이라고 한다.

2) 주요광물의 특성

(1) 금속광물

① 유색금속광물

황동광 $CuFeS_2$

황동광은 동의 기본광물로서 그의 화학조성은 Cu 34.64%, Fe 30.45%, S 34.91%이며 적은 량의 Au, Ag, Ti, Se가 들어있다.

굳기는 3.5~4이고 밀도는 4.1~4.3g/cm^3이다. 색은 진한 금빛누

른색, 놋빛누른색이며 가루색은 풀색을 띤 검은색이다.

량강도 갑산, 자강도 화평 등지에서 나온다.

반동광 Cu_5FeS_4

반동광은 황동광과 함께 동의 기본광물의 하나이다.

화학조성은 Cu 63.33%, Fe 11.12%, S 25.55%이다. 이밖에 혼입물로 Ag, Bi, In, Ca 등이 들어있다.

이 광물은 굳기가 3으로서 비교적 무르며 칼로 그었을 때 적동색자리가 난다. 밀도는 4.5~5.2g/cm^3이며 반금속윤기가 난다.

량강도 김정숙군, 함경남도 허천, 황해북도 연산, 수안, 자강도 화평, 만포 등지에서 나온다.

류비동광 Cu_3AsS_4

동의 중요한 광석광물로서 화학조성은 Cu 48.3%, As 19.1%, S 32.6%이다.

이 광물은 굳기가 3.5로서 약하며 밀도는 4.3~4.5g/cm^3이고 색은 강철재색-철검은색이다.

량강도 혜산, 운흥지방 등지에서 나온다.

섬아연광 ZnS

아연의 기본광물로서 그의 화학조성은 Zn 65.58%, S 32.92%이며 이밖에 혼입물로 Fe, Mn, Cd 등이 들어있다.

굳기는 3.5~4.0이고 밀도는 3.5~4.2g/cm^3이며 색은 흔히 밤색이나 검은밤색을 띤다. 그리고 윤기는 금광윤기가 난다.

함경남도 단천, 평안남도 성천, 황해남도 장연 등지에서 나온다.

방연광 PbS

방연광은 연의 기본광석광물로서 그의 화학조성은 Pb 86.60%, S 13.4%이다.

이밖에 혼입물로 적은 량의 As, Cu, Zn 등을 포함하고있다.

방연광의 굳기는 2~3이고 밀도는 7.4~7.6g/cm^3이며 색은 연한재색이다.

함경남도 단천, 평안남도 성천, 자강도 위원, 황해북도 신평, 황해남도 장연 등지에서 나온다.

② 흑색금속광물

자철광 $FeO \cdot Fe_2O_3$

자철광은 가장 중요한 철의 광석광물이다.

화학조성은 FeO 31%, Fe_2O_3 69%(Fe 72.4%, O 27.6%)이다.

굳기는 5.5~6이고 밀도는 4.9~5.2g/cm^3이며 색은 철검은색이다.

반금속윤기를 띤다.

자철광은 세계적으로 널리 알려진 무산광산을 비롯하여 함경남도 덕성, 허천, 리원, 평안북도 의주 등지에서 나온다.

적철광 Fe_2O_3

철의 광석광물로서 그의 화학조성은 Fe 70%, O 30%이며 혼입물로 Ti, Mg 등이 포함된다.

굳기는 5.5~6이고 밀도는 5~5.3g/cm^3이며 색은 어두운 붉은색, 철검은색, 강철재색을 띤다.

평안남도 개천, 황해남도 은률, 재령, 함경남도 북청, 리원 등지에서 나온다.

갈철광 $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$

철의 중요한 광석광물로서 그의 화학조성은 Fe_2O_3 89.9%, H_2O 10.1%이다. 혼입물로 Si, Mn, Al, Mg 등이 들어있다.

굳기는 1~4이고 밀도는 2.7~4.3g/cm^3이다. 색은 밤색, 누른색을 띤다.

서해안일대의 철광산들에서 나온다.

티탄철광 $FeTiO_3$

티탄의 중요한 광석광물로서 그의 화학조성은 Fe 36.8%, Ti 31.6%, O 31.6%이며 이밖에 혼입물로 Mg, Mn이 들어있다.

굳기는 5~6이고 밀도는 4.72g/cm^3이며 색은 철검은색 또는 강철재색을 띤다.

평안북도 철산, 황해남도 신천 등지에서 나온다.

크롬철광 $FeCr_2O_4$

크롬의 중요한 광석광물로서 그의 화학조성은 Cr_2O_3 18~62%, Al_2O_3 0~3.3%, Fe_2O_3 2~3%이다.

이밖에 혼입물로 TiO_2, MnO, ZnO 등이 들어있다.

굳기는 5.5~7.5이고 밀도는 4.4~4.8g/cm^3이며 색은 검은색이다.

라선, 함경북도 청진 등지에서 나온다.

③ 희유금속광물

철망간중석 (Fe, Mn)WO_4

특수합금강생산에 필요한 월프람의 기본광석광물로서 그의 화학조성은 MnO 8.31~20.29%, FeO 5.33~15.75%, WO_3 74.78~75.45%이

다. 이밖에 혼입물로 Nb_2O_5, SnO_2, Ta_2O_5 등이 들어있다.

굳기는 4.5~5.5이고 밀도는 6.7~7.5g/cm^{3}이며 색은 검은밤색이다.

평안남도 양덕, 평안북도 창성, 강원도 법동 등지에서 나온다.

회중석 $CaWO_4$

월프람의 기본광석광물의 하나로서 그의 화학조성은 WO_3, 80.53%, CaO 19.47%이다. 이밖에 혼입물로 CuO, MoO_3 등이 들어있다.

굳기는 4.5~5이고 밀도는 6.1g/cm^{3}이며 색은 누른색, 밤색, 재색이다.

평안남도 양덕, 대흥, 황해북도 신평, 평안북도 창성, 황해남도 태탄, 함경남도 허천 등지에서 나온다.

류몰리브덴광 MoS_2

몰리브덴의 유일한 광석광물로서 그의 화학조성은 Mo 57~60%, S 40~43%이다. 굳기는 1~1.5이고 밀도는 4.7~5.0g/cm^{3}이며 색은 연한 재색이다. 손으로 만질 때 기름기가 느껴진다.

함경남도 장진, 황해북도 연산, 수안, 신계, 량강도 김정숙군, 강원도 금강, 법동 등지에서 나온다.

류철니켈광 $(Fe,Ni)_9S_8$

이 광물은 니켈의 중요한 광석광물로서 그의 화학조성은 일정하지 않은데 Fe와 Ni의 비가 보통 1:1이다.

굳기는 3.5~4이고 밀도는 4.5g/cm^{3}이며 색은 누른 청동색이다.

함경북도 청진, 함경남도 함흥, 단천, 강원도 판교 등지에서 나온다.

류비코발트광 CoAsS

코발트의 광석광물로서 그의 화학조성은 Co 35.41%이고 As 45.26%, S 19.33%이다. 이밖에 Ni, Fe의 혼합물이 들어있다.

굳기는 5.5~6.5이고 밀도는 6.2g/cm^{3}이며 색은 분홍색이다.

코발트는 합금재료로 쓰인다.

함경북도 회령 등지에서 나온다.

류안광 Sb_2S_3

안티몬의 기본광석광물로서 그의 화학조성은 Sb 71.38%, S 28.62%이며 이밖에 혼입물로 As, Bi 등이 들어있다.

굳기는 2~2.5이고 밀도는 4.6g/cm^{3}이며 색은 연한 재색이다.

안티몬은 합금, 고무, 성냥, 유리, 도자기칠감, 의약품을 만드는데 쓰인다.

평안남도 신양, 함경남도 함주, 량강도 혜산 등지에서 나온다.

진사 HgS

진사는 수은의 유일한 광석광물로서 그의 화학조성은 Hg 86.2%, S 13.8%이며 이밖에 혼입물로 Se, Te가 들어있다.

굳기는 2~2.5이고 밀도는 8~8.2g/cm^3이며 색은 붉은색 혹은 연한 재빛흰색이다.

수은은 화학공업에서 촉매로 쓰이며 금속과의 합금원료로 쓰인다.

평안남도 대흥, 평양시 삼석, 황해북도 상원 등지에서 나온다.

④ 귀금속광물

금광물

금(Au)은 화학적으로 대단히 안정하며 도금, 합금 그리고 정밀재료제작에 쓰인다.

순수한 금은 드물고 흔히 4~5%의 은과 이밖에 Cu, Fe, Se 등을 포함하고있다.

굳기는 2.5~3이고 밀도는 15.6~18.3g/cm^3이며 색은 금빛누른색이다.

평안남도 회창, 황해북도 수안, 황해남도 장연, 평안북도 운산, 천마 등지에서 나온다.

은광물

순수한 은(Ag)은 밀도가 10.5g/cm^3, 녹음점이 960.5℃로서 금속들가운데서 열 및 전기전도도가 제일 크고 인성이 좋으며 무른 금속이다.

순수한 은은 드물며 금 등을 포함하고있다.

은은 각종 합금, 은도가니 그리고 의약품, 의료기구, 장식품 등에 쓰인다. 굳기는 2.5이고 색은 은빛흰색이다.

황해남도 옹진, 배천, 평안남도 성천 등지에서 나온다.

백금광물

백금광물이라고 하면 백금(Pt) 외에 Ru, Rh, Os, Pd 등을 포함하는 백금족광물 전부를 의미하는데 이가운데서 백금은 80%를 차지한다.

백금은 전기 및 전자기구, 과학연구용내열내산성도자기, 전기분해용전극, 의료기구 및 흡착제로 쓰인다.

굳기는 4~4.5이고 밀도는 15~19g/cm^3이며 색은 강철재색으로부터 은빛재색이다. 금속윤기를 띤다.

남포시 룡강, 함경북도 부윤 등지에서 나온다.

(2) 비금속광물

① 화학공업용광물

린회석 $Ca_5(PO_4)_3$〔Cl, F, OH〕

린회석은 린비료의 주요원료광물이다. 이밖에 화학공업에서 염, 린

산, 성냥, 규불산 등을 만드는데 쓰인다.

린회석에는 P_2O_5 41.0~42.3%, CaO 53.8~55.5%, F 3.8%, Cl 6.5%가 들어있다.

굳기는 5이고 밀도는 3.18~3.21g/cm^3이며 색은 흰색이다.

평안남도 평원, 증산, 평안북도 삭주, 함경북도 김책, 황해남도 장연 등지에서 나온다.

방해석 $CaCO_3$

방해석의 화학조성은 CaO 56%, CO_2 44%이다. 이밖에 혼입물로 Mg, Fe, Mn 등이 들어있다.

방해석은 굳기가 3이고 밀도는 2.6~2.8g/cm^3이며 색은 혼입물에 따라 재색, 누른색, 분홍색을 띤다.

퇴적기원의 방해석은 주로 석회암, 대리암을 이룬다.

방해석으로 이루어진 석회암과 대리암은 세멘트, 비날론, 카바이드 그리고 건축재료의 원료로 리용된다.

방해석은 우리 나라의 중부에 수천m의 두께로 퍼져있다.

중정석 $BaSO_4$

중정석은 금속바리움의 광석광물로서 그의 화학조성은 BaO 65.7%, SO_3 34.3%이다. 이밖에 혼입물로 Sn, Ca, Pb, Ra 등이 들어있다.

중정석은 특수유리, 의약품, 화학제품제조, 사진인쇄공업, 고무공업 등에 쓰인다.

굳기는 3~3.5이고 밀도는 4.5g/cm^3이며 색은 밝은 흰색, 재색, 검은색 등이다. 유리윤기를 띤다.

강원도 김화, 평안남도 개천, 황해남도 은률, 재령, 안악 등지에서 나온다.

형석 CaF_2

형석은 야금공업에서 녹임감, 탈린제로 쓰이며 화학공업에서는 불화물을 만드는데 쓰이고 그밖에 제약, 비료제조에도 쓰인다.

화학조성은 Ca 51.2%, F 48.8%이다. 혼입물로 Cl, Fe_2O_3 등이 들어있다.

굳기는 4이고 밀도는 3.18~3.25g/cm^3이며 색은 누른색, 풀색 등 여러가지이다.

황해북도 평산, 연산, 황해남도 재령, 은률, 신원, 함경남도 정평, 함주, 강원도 고성 등지에서 나온다.

회망초 $Na_2Ca(SO_4)_2$

회망초는 화학공업, 제지공업, 비날론공업 등 인민경제 여러 부문에서 요구되는 가성소다, 류산 등을 얻는 원료광물이다.

화학조성은 Na_2O 22.29%, CaO 20.16%, SO_3 57.55%이고 혼입물로 K_2O, MgO가 들어있다.

굳기는 2.5~3이고 밀도는 2.7~2.83g/cm^3이며 물에 녹는다.

평안북도 신의주, 의주, 황해남도 재령 등지에서 나온다.

석고 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

석고의 화학조성은 CaO 32.5%, SO_3 46.6%, H_2O 20.9%이며 이밖에 혼입물로 Ba, Sr가 들어있다.

석고는 세멘트원료, 건재, 종이공업의 원료 그리고 조각용자재로도 쓰인다.

굳기는 2이고 밀도는 2.3g/cm^3이며 색은 재색이다.

평양부근, 황해남도 재령, 함경북도 명간, 길주, 함경남도 신포, 홍원 등지에서 나온다.

황철광 FeS_2

류황 및 류산을 얻기 위한 광물이다.

화학조성은 Fe 46.55%, S 53.45%이며 기타 혼입물이 있다.

굳기는 6~6.5이고 밀도는 4.9~5.2g/cm^3이며 색은 연한 누른색, 풀색이다.

함경남도 허천, 량강도 갑산, 평안남도 회창 등지에서 나온다.

② 석재 및 연마광물

사문석 $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$

사문석의 화학조성은 MgO 43%, SiO_2 44.1%, H_2O 12.9%이다.

이밖에 혼입물로 FeO, Fe_2O_3, NiO, Al_2O_3, ZnO 등이 들어있다.

사문석은 공예품재료와 석재로 쓰인다.

굳기는 2.5~3이고 밀도는 2.5~2.7g/cm^3이며 색은 흔히 풀색을 띤다.

함경북도 청진과 함경남도 단천을 비롯한 여러곳에서 나온다.

석류석 $A_3B_2(SiO_4)_3$

화학조성에서 A는 Mg, Fe^{2+}, Mn^{2+}, B는 Al, Fe^{3+}, Cr, Ti, Mn^{3+}, V, Zr이다.

석류석은 투명하고 아름다운것은 보석으로 쓰이며 흔히 연마재료로 쓰인다.

굳기는 6.5~7.5이고 밀도는 3.5~4.2g/cm^3이며 색은 조성에 따라 여러가지인데 흔히 붉은색, 밤색을 띤다.

남포, 평안북도 운전, 황해북도 수안, 연산, 함경남도 허천, 단천 등지에서 나온다.

③ 절연용광물

운모 $KR_{2\sim3}[AlSi_3O_{10}](OH, F)_2$

운모의 화학조성에서 R_{2-3}은 Al^{3+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Li^+이다.

운모는 전기 및 전자공업에서 절연물로 쓰이며 야금공업용보호안경 제작에 쓰인다.

운모에는 여러가지 변종이 있다.

굳기는 2~3이고 밀도는 2.7~3.12g/cm^3이며 색은 여러가지이다.

함경북도 길주, 김책, 황해북도 평산, 강원도 법동 등지에서 나온다.

활석 $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$

활석은 제지, 염색, 섬유, 식료공업 등에 쓰인다. 그리고 약품과 화장품제조에도 쓰인다.

화학조성은 MgO 31.7%, SiO_2 63.5%, H_2O 4.8%이고 일부 혼입물이 포함된다.

굳기는 1이고 밀도는 2.7~2.8g/cm^3이며 색은 연한 풀색, 밤색이다.

량강도 백암, 함경남도 리원, 단천, 함경북도 김책 등지에서 나온다.

④ 도자기 및 내열성광물

고령석 $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$

도자기용, 종이와 고무충진제로 쓰인다.

그의 화학조성은 Al_2O_3 39.5%, SiO_2 46.5%, H_2O 14%이며 기타 혼입물이 들어있다.

굳기는 2~2.5이고 밀도는 2.6~2.63g/cm^3이며 흰색, 재빛색, 누른색을 띤다.

함경북도 경성, 량강도 백암, 남포시 대안 등지에서 나온다.

마그네사이트 $MgCO_3$

마그네사이트는 마그네샤크링카의 기본원료광물이다. 그러므로 내화벽돌을 만드는데 쓰인다. 이밖에 연마제, 절연제, 건축재료에도 쓰인다.

화학조성은 MgO 47.6%, CO_2 52.4%이며 이밖에 혼입물이 들어있다. 굳기는 4~4.5이고 밀도는 2.9~3.1g/cm^3이며 흰색이다.

함경남도 단천, 함경북도 김책, 량강도 백암 등지에서 나온다.

장석

장석은 Na, K, Ca 드물게 Ba의 알루모규산염으로서 화학조성과 결정구조에 따라 정장석과 미사장석(K〔$AlSi_3O_8$〕), 회장석(Ca〔$Al_2Si_2O_8$〕), 나트리장석(Na〔$AlSi_3O_8$〕), 바리장석(Ba〔$Al_2Si_2O_8$〕)이 있다.

굳기는 6~6.5이고 밀도는 2.5~2.7g/cm^3이며 색은 흰색, 장미색, 풀색을 띤다.

장석은 도자기의 원료 및 칠감, 유리, 사기제품, 숫돌 등을 만드는데 쓰인다.

장석은 우리 나라의 곳곳에서 흔하게 나온다.

규선석 Al〔$AlSiO_5$〕

규선석이 많이 들어있는 암석은 Al_2O_3의 원료로, 내열성건축재료, 내산성고급자기류, 강철주조용도가니 등을 만드는데 쓰인다.

그의 화학조성은 Al_2O_3 63.1%, SiO_2 36.9%이다.

이밖에 혼입물로 Fe_2O_3, Cr_2O_3 등이 들어있다.

굳기는 7이고 밀도는 3.23~3.25g/cm^3이다.

평안남도 개천, 증산, 대동, 남포시 강서, 평안북도 신의주, 동림 등지에서 나온다.

하석 Na〔$AlSiO_4$〕

Al의 광석광물로 될수 있고 또한 도자기원료, 유리원료 그리고 비료원료로도 쓰인다.

굳기는 5~6이고 밀도 2.6g/cm^3이다.

강원도 평강, 함경북도 길주, 황해남도 청단 등지에서 나온다.

⑤ 보석 및 세공용광물

금강석 C

금강석은 가공재료, 보석, 장식품으로 쓰인다.

굳기는 10이고 밀도는 3.5~3.52g/cm^3이다.

강옥 Al_2O_3

강옥의 화학조성은 Al 53.2%, O 46.8%이다. 이밖에 혼입물로 Cr, Fe, Ti 등이 들어있다.

장식용보석, 공업용연마재료, 시계보석으로 쓰인다.

굳기는 9이고 밀도는 3.95~4.1g/cm^3이며 색은 푸른색, 붉은색 등 여러가지이다.

함경북도 길주, 평양시 순안, 강원도 철원 등지에서 나온다.

2. 암석

1) 암석의 종류

암석이란 한가지 또는 여러가지 광물들의 자연적인 집합체를 말한다.

실례로 우리가 흔히 보게 되는 대리암은 한가지 광물 즉 방해석의 집합체이고 화강암은 석영, 운모, 장석의 집합체이다.

암석은 그것이 어떤 요인에 의하여 생기였는가에 따라 화성암, 퇴적암, 변성암으로 나눈다.

화성암은 땅속에 있던 마그마가 땅속 깊은 곳이나 땅우에 나와 식을 때 생긴다.

퇴적암은 이미 형성된 암석들의 풍화산물들, 물속에 용해되여있는 물질들, 유기물질과 화산분출물질들이 일정한 곳에 쌓여서 굳어진 암석이다.

변성암은 화성암과 퇴적암들이 땅속에서 높은 온도와 압력의 영향과 때로는 열수와 가스의 영향을 받아 새로운 암석으로 변화된것이다.

(1) 화성암

화성암은 우리 나라의 여러곳에 많이 분포되여있다.

혁명의 성산 백두산과 경치좋은 금강산, 관모봉, 구월산, 한나산 등은 화성암으로 이루어져있다.

금, 은, 동, 연, 니켈을 비롯한 수많은 금속자원과 석재자원도 대부분이 화성암과 많이 련관되여있다.

(2) 퇴적암

원료, 연료자원으로 중요한 석탄, 철, 알루미니움, 석회석, 모래, 고령토, 점판암 등 많은 금속 및 비금속자원들은 퇴적작용에 의하여 생기였다.

(3) 변성암

지각내부에서 변성작용을 일으키는 온도와 압력의 원천은 주로 마그마의 열과 심한 구조적힘, 피복층의 두께가 커짐에 따라 높아지는 암반의 초기응력과 지열 등이다.

중요한 변성암으로서는 점판암, 천매암, 편암, 편마암, 대리암, 규암 등이 있다.

2) 암석의 성질

암석은 광산과 탄광작업에서 기본대상의 하나이다.

특히 지하채굴을 하려면 광체가 있는 곳까지 갱도를 뚫고 들어가야 하는데 이때 거의 대부분은 암석속에 갱도를 뚫게 된다.

그러므로 암석이 가지고있는 성질을 잘 알고있어야 한다.

암석의 성질로서 체적증가, 취성, 세기 등이 있다.

① 체적증가

암석의 체적증가란 캐낸 암석의 체적이 캐기 전 암석의 체적보다 증가하는 성질을 말한다.

암석의 이러한 성질은 증가결수로 나타내는데 증가결수란 캐낸 암석의 체적과 캐기 전 암석의 체적과의 비를 말한다.

$$K = \frac{V_{캐}}{V_{전}}$$

K-증가결수

$V_{전}$-캐기 전 암석의 체적, m^3

$V_{캐}$-캐낸 암석의 체적, m^3

암석에서 증가결수의 값은 보통 K=1.4~1.6정도이다.

② 암석의 세기

암석의 세기란 암석에 힘을 주었을 때 얼마만한 힘에 견디는가 하는 정도를 말한다.

암석의 세기는 주로 누름세기와 당김세기로 특징짓는다. 암석의 누름세기는 당김세기에 비하여 10~15배 더 크다.

광산, 탄광에서 암석의 세기는 흔히 세기결수로 평가한다.

암석의 세기결수는 암석이 파괴될 때 그 파괴힘에 저항하는 마찰결수인데 그것은 암석시편의 누름세기를 10으로 나누어 결정한다.

$$f = \frac{\sigma_{누}}{10}$$

f - 암석의 세기결수

$\sigma_{누}$ - 암석시편의 누름세기(MPa)

실례로 크기가 5cm×5cm×5cm인 암석시편에 0.3MN의 힘을

가했을 때 그것이 깨졌다고 하자.

이때 암석의 세기결수를 계산하면 다음과 같다.

$$\sigma_{누} = \frac{P}{S} = \frac{0.3}{0.05 \times 0.05} = 120\,(\mathrm{MPa})$$

$$f = \frac{\sigma_{누}}{10} = \frac{120}{10} = 12$$

3. 광석

광석이란 해당 시기의 기술발전수준과 인민경제적요구로부터 그것을 채굴하여 유용성분을 뽑는것이 기술적으로 가능하며 경제적으로 쓸모가 있는 광물 또는 광물들의 집합체를 말한다.

일반적으로 광석은 유용광물과 맥석으로 이루어져있다.

광석은 금속광물과 비금속광물의 집합체로 구성되여있다.

례를 들어 무산광산에서 채굴하는 광석은 주로 금속광물인 자철광과 비금속광물인 석영으로 구성되여있다.

광석에는 한 종류의 유용광물이 들어있는 광석과 여러가지 종류의 유용광물이 들어있는 광석이 있다.

광석안에 들어있는 유용광물의 모임상태에 따라 밀집광석과 산광광석으로 나눈다.

그리고 광석안에 금속성분이 들어있으면 금속광석이라고 하고 비금속성분이 들어있으면 비금속광석이라고 한다.

우리 나라에는 광석이 곳곳에 풍부하게 매장되여있으며 그 종류도 대단히 많다. 광석은 그 형성자체의 특성으로부터 산림자원이나 수산자원과는 달리 인위적으로 그것을 조성할수 없으며 채굴하면 그만큼 없어진다.

그러므로 나라의 귀중한 광석이 손실되는것을 미리막고 모조리 다 채굴하도록 해야 한다.

자연계에서 광석은 독립적으로 있는것이 아니라 일정한 집합체를 이루고있는데 이러한 집합체가 바로 광체이다.

광체의 모양은 광상개발에서 중요한 문제의 하나이다.

광체의 모양에 따라서 개발방법과 갱골격구조, 채굴방법이 선정된다.

광체는 등방광체, 판모양광체, 기둥모양광체로 나눌수 있다.

등방광체는 세 방향의 길이가 거의 같은 광체이고 판모양광체는 다른 두 방향에 비하여 두께가 매우 작은 광체를 말한다.

그리고 기둥모양광체는 기둥모양으로 된 광체를 말한다.

광체를 품고있는 암석을 배태암 또는 모암이라고 하며 광체우에 있는 암석을 상반, 아래에 있는 암석을 하반이라고 한다.

상반과 하반사이의 수직거리를 광체의 두께라고 한다.

광체는 수평으로 놓여있을수도 있고 수직으로 서있을수도 있지만 주로는 일정한 방향으로 경사져있는것이 보통이다.

그러므로 광체가 어떻게 놓여있는가 하는것을 주향, 경사각으로 나타내는데 이것을 광체의 놓임요소라고 한다.(그림 1-1)

광체의 주향이란 수평면우에서 광체가 어느쪽으로 뻗었는가 하는것을 말하며 경사각이란 광체의 경사면과 수평면이 이루는 각을 말한다.

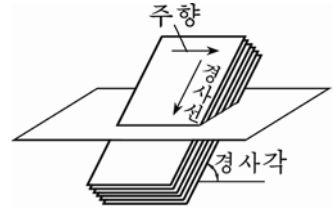



그림 1-1. 광체의 놓임요소

이상에서 본 광체는 한개 또는 몇개씩 집중적으로 모여있는데 이러한 구역을 광상이라고 한다. 다시말하여 광상은 하나의 큰 광체로 이루어질수도 있고 크고작은 여러개의 광체들이 모여서 이루어질수도 있다.

제2절. 지하자원의 형성

1. 광상의 형성

광상은 여러가지 요인에 의하여 생긴다.

광상은 생겨난 요인에 따라 마그마기원광상, 외인광상, 변성광상으로 나눈다.

마그마기원광상은 땅속 깊은 곳의 마그마작용에 의하여 생긴 광상이고 외인광상은 지표에서 풍화작용이나 퇴적작용에 의하여 생긴 광상이며 변성광상은 땅속 깊은 곳에서 주로 높은 온도와 압력, 화학성분들의 작용에 의하여 생긴 광상이다.

1) 마그마기원광상

마그마기원광상은 이것을 만든 유용광물의 원천인 마그마자체에 있다. 그러므로 광상을 만든 물리적원천을 마그마에 두고있는 광상은 다 여기에 속한다.

마그마는 주로 지각의 내부에 있는 방사성원소가 붕괴될 때 나오는 열이 축적되여 생긴다.

2) 외인광상

외인광상에는 풍화광상과 퇴적광상이 있다.

(1) 풍화광상

풍화광상은 많은 비금속지하자원과 함께 여러 금속지하자원 특히 철자원을 대표하는 광상이다.

풍화광상이란 암석이나 광석이 풍화된 다음 쓸모없는 물질들은 빠져나가고 쓸모있는 물질만이 풍화된 자리 혹은 그 근방에 모여서 생긴 광상을 말한다.

지각을 이루는 암석 혹은 광상이 외인지질작용을 받으면 풍화산물 즉 력학적풍화산물과 화학적풍화산물이 생긴다.

풍화광상의 일반적특징은 다음과 같다.

① 풍화광상의 광체는 모양과 놓임새가 복잡한것이다.

여기에는 광체의 웃부분이 풍화되여 생긴 광체, 광체에서 풍화되여 다른 곳으로 옮겨가서 이루어진 광체, 광체의 구조면을 따라 풍화된 광체 등이 있다.

풍화광상은 일반적으로 지표에 로출되지만 일부는 그 우에 퇴적물이 있을수 있다.

② 풍화광상은 구조가 복잡한것이다.

풍화광상은 광물들의 풍화분해작용, 침출재분할작용 등에 의하여 이루어지므로 여러가지 구조형태로 나타난다.

전형적인 광석의 구조는 고결구조, 편마상구조, 섬유상구조, 편상구조 등이다.

③ 나오는 광물조성이 다양하다.

주되는 광석은 갈철광, 알루미니움광석, 망간광석, 동광석, 석비레, 고령토, 린회토 등이다.

(2) 퇴적광상

퇴적광상은 광석 또는 암석의 풍화산물들이 흐르는 물에 의하여 강, 호수 및 바다에 운반되고 쌓여서 생긴다.

흐르는 물에 의하여 운반되는 물질들은 광물의 굳기, 상대밀도, 화학적변화에 대한 안정도 그리고 퇴적작용이 진행될 때 용액의 pH 차이 등에 따라 선택적으로 운반되고 쌓인다.

이 결과에 물리적 및 화학적성질이 비슷한 퇴적물들이 일정한 장소에 모이게 된다.

이러한 방법으로 한개의 퇴적층안에 유용성분 혹은 유용광물을 많이 함유하는 광상을 형성할수 있다.

이러한 광상을 퇴적광상이라고 한다.

3) 변성광상

변성광상은 이미 생긴 광상이나 자연암체가 높은 온도와 압력을 받아 생긴 광상이다.

광상의 온도와 압력이 점차 높아지면 변화되기 전 광물들안에서 물과 이산화탄소가 빠져나가 다른 광물에 흡수되여 여러가지 광물결합이 생긴다.

변성광상의 일반적인 지질학적특성은 다음과 같다.

① 광체가 넓은 공간에 거쳐 꼭 같거나 비슷한 변성암들이 있는 지역에 분포된다.

② 광체의 광물조성은 많은 경우에 배태암의 광물조성과 질적으로 비슷하며 광체부근에서 배태암의 변화가 없다.

③ 광석과 배태암의 화학적성분이 거의 같다.

④ 광체의 대부분은 층모양을 이룬다.

우리 나라에서 변성광상으로서는 무산철광을 비롯한 철변성광상들과 망간, 린회석, 흑연, 대리석, 천매암광상 등이 있다.

참고자료

지각에서의 원소분포

지각에 들어있는 원소의 평균함유량은 일반적으로 질량 %로 표시한다.

지금까지 알려진 110여개의 원소가운데서 16개의 원소가 지각 전체질량의 99%를 차지하는데 여기서 산소가 47.2%, 규소가 27.16%, 알루미니움이 8.5%, 철이 5%, 칼시움이 3.5%, 나트리움이 2.64%, 마그네시움이 2%를 차지한다.

노르웨이의 지구화학자 골드 슈트미트가 계산한데 의하면 체적상으로 지각 전체체적의 92%를 산소가 차지한다고 한다.

이것은 벽돌집을 비유해서 본다면 산소를 《벽돌》이라고 할 때 나머지의 모든 원소들은 《세멘트》의 역할을 한다고도 말할수 있다. 더우기 산소의 화합물들인 산화물, 수산화물, 산소산염광물들은 질량으로 볼 때 지각의 98%를 차지한다. 이러한 사실로부터 지각이 《산소벽돌》로 지은 하나의 《집》이라고 생각할수 있다.

2. 탄전의 형성

탄전은 동일한 지질시대에 생긴 한개 또는 여러개의 탄상이 모인 구역이다. 여기서 말하는 탄상은 량도 많고 품위도 좋아서 캐낼만 한 가치를 가진 탄층이 묻혀있는 지역을 말한다.

그러므로 하나의 탄전에는 여러개의 탄상이 있다.

실례로 우리 나라 상부고생대의 함탄층이 널려있는 평남북부탄전, 평남남부탄전 등을 들수 있으며 신생대의 함탄층이 널려져있는 안주탄전, 함북북부탄전 등을 들수 있다.

1) 석탄의 형성

석탄이란 식물이 땅속에 묻혀 탄화작용을 받아서 생긴 탈수 있는 물질을 말한다.

석탄이 생기려면 다음과 같은 조건이 지어져야 한다.

첫째로, 식물이 무성하게 자랄수 있는 기후조건이 마련되여있어야 한다.

둘째로, 무성한 식물이 쌓일수 있는 조건이 이루어져야 한다.

셋째로, 쌓인 식물이 파묻혀 탄화작용을 받아야 한다.

이러한 조건이 조성된 시기는 고생대의 석탄기와 페름기, 중생대의 유라기와 백악기 그리고 신생대의 제3기에 있었다.

이가운데서도 고생대와 신생대에 석탄이 생길수 있는 조건이 유리하였으므로 고생대와 신생대에 석탄이 많이 생기였다.

고생대는 식물계의 발전에서 근본적인 전환이 일어난 지질시대이다.

그것은 고생대의 씰루르기에 첫 륙상식물이 생기였고 이때부터 륙상식물이 진화발전하였기때문이다.

특히 고생대의 석탄기와 페름기에는 식물들이 무성하게 자라났다.

고생대의 식물로부터 생긴 탄전으로서는 평남북부 및 남부탄전, 고원탄전 등이다.

중생대 유라기에는 겉씨식물이 무성하였다.

이러한 식물들은 중생대에 석탄이 생기게 하였다.

중생대의 식물로부터 생긴 탄전으로서는 전천탄전을 들수 있다.

신생대에는 속씨식물이 무성하였는데 이 식물로부터 생긴 탄전들로는 안주탄전, 함북북부 및 남부탄전을 들수 있다.

2) 우리 나라 석탄자원

우리 나라의 함북북부탄전과 함북남부탄전, 안주탄전에는 유연탄이 많이 묻혀있으며 우리 나라의 중부와 남부지대에 있는 평남북부탄전과

평남남부탄전, 삼척-녕월탄전에는 무연탄이 묻혀있다.

우리 나라 탄전들의 지질시대별, 지역별 분포상태를 보면 다음과 같다.

상부고생대의 함탄층에는 평남북부탄전, 평남남부탄전, 고원탄전, 삼척-녕월탄전 등이 있다.

평남북부탄전은 3개의 지역으로 분할되는데 북부지역에는 원리, 봉천, 개천, 람전, 룡등, 룡문, 룡수, 덕천, 형봉탄상과 조양, 신립탄상의 일부가 속한다.

그리고 중부지역에는 무진대, 신립, 조양, 제남, 장인탄상이 속하며 남부지역에는 직동, 천성, 령대, 재동, 송남, 봉창탄상들이 속한다.

평남남부탄전도 3개 지역으로 분할되는데 동부지역에는 흑령, 강동, 삼신탄상 등이 속하며 중부지역에는 사동 그리고 서부지역에는 대보, 강서탄상 등이 속한다.

고원탄전은 고원지역과 문천지역으로 나누어진다.

남조선의 삼척-녕월탄전에는 삼척, 녕월, 강릉, 정선탄상 등이 속한다.

중생대의 함탄층은 전천, 중강 등지에 있다.

신생대의 제3기층의 함탄층에는 함북북부탄전, 함북남부탄전, 안주탄전, 영일탄전 등이 속한다.

함북북부탄전에는 경흥, 고건원, 하면, 온성, 강안, 학포, 유선, 궁심지역의 탄상이 속하며 함북남부탄전에는 고창, 양정, 명간, 일신, 학동, 라남 등의 지역과 삼향, 칠향, 소요리 등의 크지 않은 탄상들이 있다.

그리고 영일탄전에는 영일, 울산 등 탄상들이 있다.

그밖에 분산되여있는 제3기층 탄전들로서는 금야, 신흥, 함주, 통천, 사리원, 신의주 등이 있다.

우리 나라 석탄자원에는 유연탄과 무연탄만이 아니라 초무연탄도 있다.

초무연탄은 탄화도가 무연탄보다는 높고 흑연보다는 낮은 중간위치에 놓이는 석탄이다.

초무연탄은 식물질의 탄화도는 높은데 탄소함유량이 적기때문에 발열량은 높지 못하다.

우리 나라 초무연탄은 5억~7억년전에 바다와 호수에서 살던 떠살이생물이 집적되여 생겼으며 그의 지질시대는 상부원생대와 하부고생대로 보고있다.

초무연탄은 우리 나라의 중부지대인 강원도와 황해남북도에 분포되여있다.

참고자료

석탄의 화학적성질과 분류

일반적으로 석탄은 탄소, 수소, 산소, 류황, 질소와 그밖의 일부 희유원소로 이루어져있다.

석탄의 원소가운데서 불에 타면서 열을 내는것은 탄소와 수소, 류황이다.

그중에서도 탄소는 석탄속에 가장 많이 들어있는 원소이다.

탄소의 함유량은 석탄의 종류에 따라 다른데 유연탄에서는 50~75%, 무연탄에서는 90~98%이다.

수소는 석탄에서 탄소 다음가는 주요 원소인데 그 함유량은 유연탄에서 4.5~6%, 무연탄에서 1~4%이다.

산소는 유연탄에 10~30%, 무연탄에 0.1~2%정도 들어있다. 산소는 수소와 반응하여 물을 만들기때문에 수소가 연소반응에 참가할수 없게 한다.

이밖에 석탄안에는 류황이 1%미만, 질소가 1~3%정도 들어있다. 여기서 류황은 발열량이 낮고 연소장치들을 부식시키며 공해를 일으키기때문에 해롭다.

석탄은 산업적견지에서 유연탄과 무연탄 그리고 초무연탄으로 나눈다.

유연탄은 수탄(아갈탄), 갈탄과 력청탄으로 나눈다.

이러한 석탄을 발열량에 따라 고열탄, 보통탄, 저열탄으로 나누는데 고열탄은 유연탄인 경우 20 930kJ이상, 무연탄인 경우 25 120kJ이상이고 보통탄은 유연탄인 경우 12 560~20 930kJ, 무연탄인 경우 16 747~25 120kJ이며 저열탄은 유연탄인 경우 2 930~12 560kJ, 무연탄인 경우 6 280~16 747kJ이다.

3. 원유광상의 형성

원유는 땅속에서 나오는 기름상태의 탄화수소화합물이다.

흔히 원유는 땅속에서 천연가스와 함께 퍼져있으며 이것들은 서로 갈라보기 힘들다.

그러므로 보통 원유라고 할 때에는 원유와 함께 천연가스의 일부도 포함되여있다.

원유의 기본화학조성은 탄화수소이다. 그밖에 산소, 질소 등 여러가지 원소들이 들어있다.

원유에는 75.0~92.0%의 탄소, 7.7~25.0%의 수소, 0.3~5%의 류황, 0.1~3.5%의 산소 그리고 0.2~2%의 질소가 들어있다.

그밖에 진흙풀린액과 여러가지 염류 및 적은 량의 니켈, 바나디움, 철, 동 등이 들어있다.

원유의 주성분을 이루고있는 탄화수소는 대부분 파라핀계탄화수소, 나프텐계탄화수소, 올레핀계탄화수소이다.

원유는 보통 검은밤색, 누른밤색을 띤다.

상대밀도는 0.73~1.04이다. 상대밀도는 원유의 품위를 규정하는 중요한 징표의 하나이다.

상대밀도가 작은 원유일수록 기름성분과 휘발성분이 많으며 상대밀도가 큰 원유일수록 찌꺼기와 타르성분이 많다.

일반적으로 원유는 불붙기 쉬우며 탈 때에 많은 열을 낸다.

보통 발열량은 43.7~46.2MJ/kg으로서 니탄에 비하여 3배, 무연탄에 비하여 1.5배나 높다.

원유의 성인에 대한 가설에는 여러가지가 있으나 크게 유기기원설과 무기기원설로 나눈다.

유기기원설은 원유가 유기물질에 의하여 생기였다는 가설이다.

이 가설은 동식물체를 건류하여 원유의 출발물질인 탄화수소를 얻은 실험자료에 기초하고있다.

원유의 무기기원설은 원유가 무기물질에 의하여 생기였다는 가설이다.

오늘 원유탐사는 대부분 유기기원설에 기초하여 진행하고있다.

제3절. 지하자원의 탐사방법

1. 지질탐사에 대한 개념

지질탐사사업은 땅속에 묻혀있는 지하자원을 찾아내고 그것이 묻혀있는 상태와 지질조건, 생김새와 크기, 질과 량들을 알아내여 채굴할 수 있는 기술경제적조건과 생산조건을 마련하는 중요한 사업이다.

그러므로 지질탐사사업을 채취공업에 앞세워야 한다.

1) 지질탐사형태

지질탐사의 형태는 지질탐사를 지휘하는 단위와 그 내용에 따라 전망탐사, 현행탐사, 작업탐사로 나눈다.

① 전망탐사

전망탐사는 어느 지역에 석탄이나 광석이 얼마나 매장되여있는가 하는것을 추정하는 탐사인데 그것은 현행생산에 10~20년 앞질러가면서 진행한다.

전망탐사에는 새 지역에서 진행하는 전망탐사와 이미 있던 탄광, 광산주변에서 진행하는 전망탐사가 있다.

새 지역에서 진행하는 전망탐사에서는 새로운 광산, 탄광의 개발후보지들을 마련하는데 기본을 두고 탐사사업을 조직한다.

이미 있는 광산, 탄광의 주변에서 진행하는 전망탐사에서는 광산, 탄광의 주변 및 심부를 탐사하여 광산, 탄광의 생산전망을 풀어나가는데 기본을 두고 탐사사업을 조직한다.

전망탐사에서는 주로 예비탐사단계의 사업내용에 따라 작업을 조직하면서도 필요한 구역에서는 세부탐사도 한다.

전망탐사가 끝나면 광산, 탄광의 심부와 주변에서 세부탐사매장량이 계산되고 전망계획년도의 채굴계획을 위한 구체적인 지질자료들이 마련되며 전망계획년도에 채굴할 채굴구역이 확정된다.

전망탐사는 전국을 대상하는 탐사단이 진행한다.

② 현행탐사

현행탐사는 전망계획년도의 채굴구역을 확정하는 탐사사업이다.

현행탐사에서는 세부탐사단계의 사업내용에 따라 작업을 조직한다. 현행탐사는 주로 해당 성에서 운영하는 탐사단이 진행한다.

③ 작업탐사

작업탐사는 당면한 생산을 보장하는 탐사로서 광산, 탄광에서 책임지고 진행하는 탐사이다.

작업탐사단계에서는 세부탐사매장량구역을 보다 구체적으로 해명한데 기초하여 세부탐사매장량을 작업탐사매장량으로 전환시키며 광체의 놓임상태와 크기, 광체의 품위, 채굴조건 등을 더 상세히 밝히며 채굴준비구역을 확정한다.

작업탐사가 끝나면 작업탐사매장량이 계산되고 다음해의 채굴구역이 확정된다.

2) 지질탐사단계

지질탐사단계는 예비탐사단계, 세부탐사단계, 작업탐사단계로 나눈다.

① 예비탐사단계

예비탐사는 새 지역 전망탐사구역과 지금 채굴하고있는 광산, 탄광의 주변 및 심부전망탐사구역에서 진행하는 탐사로서 탐사의 정확성이 가장 낮다.

예비탐사의 목적은 새 지역탐사를 진행하여 새로운 광산후보지를 마련하며 광상의 주변 및 심부탐사를 진행하여 그 개발전망과 세부탐사구역을 정하는데 있다.

② 세부탐사단계

세부탐사는 예비탐사결과에 기초하여 전망이 있다고 평가된 광상에 대하여 진행하는 탐사로서 광상의 지질학적특성을 보다 구체적으로 밝히고 보다 높은 정확도로 산업적평가를 하기 위하여 진행하는 탐사이다.

세부탐사의 목적은 광산개발 및 채굴작업설계에 필요한 지질경제적인 자료들을 얻어 광산개발의 효과성과 현행생산의 규모와 능력 등을 정확히 평가하는데 있다.

③ 작업탐사단계

작업탐사는 세부탐사결과에 기초하여 광산과 탄광의 현행생산을 보장하기 위하여 진행하는 탐사로서 광상(탄상)을 개발하기 시작한 때로부터 채굴작업이 끝날 때까지 진행한다.

2. 지질탐사방법

지질탐사방법에는 군중탐사, 굴은돌탐사, 지표지질조사법, 중사탐사법, 지구화학 및 지구물리탐사법, 시추 및 갱도탐사법이 있다.

탐사단계별로 탐사방법들을 옳게 선택하는것은 지질탐사의 속도와 효률을 높이기 위한 중요한 방도의 하나이다.

지질탐사에서는 일반적으로 지표지질조사를 하고 그에 기초하여 광체(탄층)를 발견할 목적으로 여러가지 탐사방법을 적용한다.

그리고 지표에서 광체가 발견되였거나 있을수 있는 징후와 전제가 있으면 광체평가를 위한 지구물리 및 지구화학탐사와 함께 시추 및 갱도탐사를 한다.

탐사법은 탐사결과의 믿음성에 대한 요구와 지질학적조건, 자연지리적조건, 일반경제적조건 등을 고려하여 선택한다.

탐사결과에 대한 높은 믿음성을 요구할 때에는 시추 및 갱도탐사법을 선택해야 한다.

1) 군중탐사방법

군중탐사방법은 지질탐사사업에 일반군중을 동원시켜 그들의 도움으로 광상(탄상)탐사의 전제와 징후들을 수집하여 광상을 찾아내는 대중적인 탐사방법이다.

군중탐사를 잘하자면 군중들속에 위대한 수령님과 경애하는 장군님께서 지질탐사부문에 주신 교시와 말씀을 알려주어야 하며 광상탐사에 필요한 지식을 가르쳐주어야 한다. 또한 군중탐사에 더 많은 사람들을 망라시키며 광산, 탄광 그리고 탐사대와의 련계를 강화하여 수집한 자료들을 제때에 보내주게 하여야 한다.

2) 굴은돌탐사

굴은돌탐사는 광체로부터 떨어져서 굴러난 광석쪼각들을 리용하여 본래의 광체를 탐사하는 방법이다.

굴은돌탐사에서는 굴러온 돌의 물질조성과 함께 광체를 품고있던 암석의 물질조성 등을 조사하여 광석의 형태를 규정하며 굴러온 돌의 마모정도를 리용하여 그것의 운반거리를 예측함으로써 본래의 광체를 찾아내게 한다.

3) 지표지질조사

지표지질조사는 다른 탐사보다 앞서 진행하는 지질탐사방법으로서 지표에서 지질구성을 밝히고 광상을 찾아내는 방법이다.

지표에서 지질조사가 끝나면 결과를 종합한 자료를 가지고 지질도를 만든다.

지질도는 암석이나 기타 자료들을 종합적으로 표시한 도면으로서 일정하게 정해놓은 축척으로 그린다.

지질도에서 암석들은 그림 1-2에서와 같이 여러가지 기호로 표시한다.

지표지질조사에서는 풍화작용에 의하여 다른 곳에 있던 흙이나 암석, 모래 같은 물질들이 이동하여 쌓이므로 본래의 암석들을 볼수 없는 경우가 많다.

이때에는 물리탐사방법이나 갱도에 의한 탐사방법을 적용하게 된다.

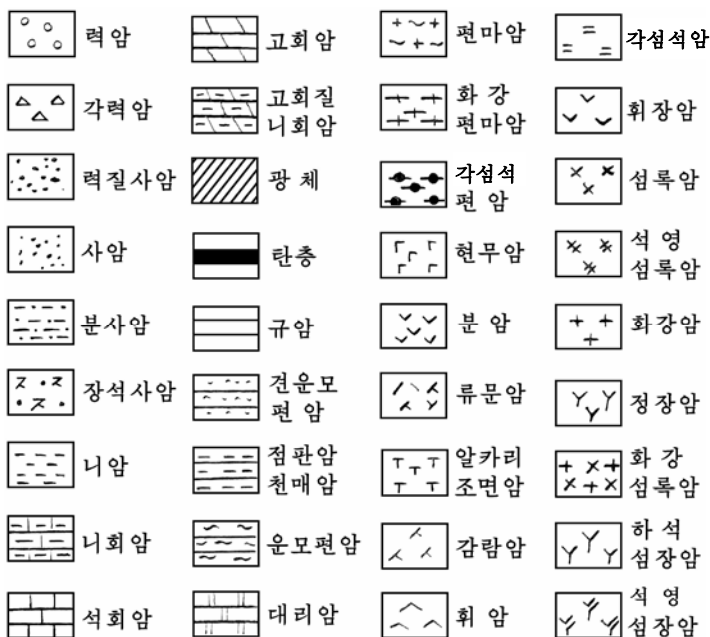



그림 1-2. 암석의 기호

4) 중사탐사법

중사탐사법은 중사 즉 무거운 모래의 분포상태를 조사하여 표사광상 및 본래의 광체를 찾아내는 탐사방법이다.

중사는 상대밀도가 보통 3이상인 무거운 금속광물알갱이들이다.

5) 지구화학탐사법

지구화학탐사법은 광체와 련관되여있는 지시원소들의 분포상태를 연구하여 숨은 광체를 찾아내는 탐사방법이다.

지구화학탐사법에는 암석지구화학탐사법, 토양지구화학탐사법, 식물지구화학탐사법, 수문지구화학탐사법이 있다.

암석지구화학탐사법은 암석가운데서 광체와 관련되여있는 일차적지시원소들의 분포상태를 연구하여 숨은 광체를 찾아내는 탐사방법이다.

6) 지구물리탐사법

지구물리탐사법은 전기마당이나 자기마당 그리고 중력마당 등 여러가지 물리적마당의 상태를 측정하여 탐사하는 방법이다.

지구물리탐사법에는 전기탐사법, 자력탐사법, 중력탐사법, 방사능탐사법 등이 있다.

참고자료

바다밑을 어떻게 탐사하는가

바다밑에는 원유, 석탄, 쇠돌 등 인민경제 여러 부문에 쓰이는 유용광물들이 많다. 유용광물들을 캐내자면 먼저 바다밑을 조사하여야 한다.

바다밑을 조사하자면 바다밑의 생김새와 물깊이를 그린 지형도를 만들어야 한다.

이 지형도는 흔히 음향측심기를 써서 만든다. 음향측심기는 물속에서의 소리의 전파원리를 리용한 기구이다. 즉 전자기파를 바다밑에 보내면 얕은 곳에서는 인차 반사되여 되돌아오고 깊은 곳에서는 오래 있다가 반사되여 되돌아온다. 이런 원리를 써서 바다밑지형도를 만든다.

지형도를 만든 다음 바다밑의 지질상태를 알아낸다. 여기에는 지구물리학적방법을 쓴다. 특히 튐성파탐사법은 바다의 지구물리학적인 연구에서 중요한 자리를 차지한다. 튐성파탐사법은 어떤 튐성파를 진동시킨 다음 그것이 바다밑에 깔려있는 바위에 부딪쳐 되돌아오는 파장을 재여 바다밑의 지질구조를 알아내는것이다. 또한 바다에서는 암석들의 밀도차이를 리용하여 바다밑의 지질구조를 알아내는 중력탐사법도 쓰고있다.

바다밑의 중력분포는 지구의 모양과 지구내부의 질량분포에 관계되므로 밀도가 큰 암체나 보물 또는 땅의 습곡운동이 있을 때 중력이상이 생긴다. 중력탐사에서는 이 중력이상을 재여 그것을 생기게 한 지질상태의 모양과 크기 및 묻힌 깊이 등을 알아낸다.

바다에서는 또한 암석과 광석들의 자성차이를 리용하여 바다밑의 지질구조와 보물을 찾아내는 자력탐사법도 쓰고있다. 자력탐사법에서는 주로 자력계를 써서 자기마당을 재고 그이상을 일으키게 한 지질구조와 보물의 모양, 크기 및 놓임새를 알아낸다.

7) 갱도탐사법

갱도탐사법은 여러가지 형태의 갱도에 의하여 지질구성을 밝히고 광체를 보다 구체적으로 확정하는 탐사방법이다.

8) 시추탐사법

시추탐사는 갱도로는 탐사할수 없을 정도로 깊은 곳에 있는 광체에 대하여서도 해명할수 있을뿐만아니라 갱도탐사법에 비하여 굴진속도도

빠르고 자금도 적게 든다.

시추탐사는 지질탐사분야에서 가장 많이 쓰는 탐사방법중의 하나이다.

시추탐사방법에는 지표시추탐사방법과 갱내시추탐사방법이 있다.

(1) 지표시추탐사방법

지표시추탐사작업의 주요과업은 갱도탐사와 같이 지질구성을 밝히고 광체를 찾아내여 이미 알려진 광체를 보다 정확히 평가하는데 있다.

시추탐사는 지표지질조사에 의하여 땅속에 광체나 탄층이 있다고 인정한 다음 그것이 얼마나 깊은 곳에 놓여있고 얼마나 두꺼우며 질은 어떠한가 등을 구체적으로 알아내기 위하여 한다.

시추탐사는 시추기로 한다.(그림 1-3)

시추기는 추관에 달린 여러가지 절삭공구들을 회전시키면서 암석에 구멍(추공)을 뚫는데 이때 추관안에는 암심(일명 암석기둥이라고 한다.)이 채워진다.

시추탐사에서는 이 암심을 조사하여 땅속의 지질상태나 지하자원이 있는가 없는가를 알아낸다.

그림 1-3. 시추기
1-시추탑, 2-집전달장치,
3-시추구멍

(2) 갱내시추탐사방법

갱내시추는 지표에서 광체까지의 깊이가 깊을 때 시추기를 갱내에 설치하고 탐사하는 방법으로서 현재 많이 쓰이고있다.

시추에 의하여 추공이 광체와 교차하는 수준은 앞으로 뚫게 될 갱도에 의하여 광체와 사귀게 될 수준과 같게 정한다.

시추탐사에서는 시추작업을 시작한 때로부터 완공될 때까지 추관에서 나오는 암심을 시추현장에서 조사한다.

암심조사에서는 개별적광물알갱이, 광물덩어리 그리고 그밖의 중요한 지질현상을 암심에 나타난 그대로 묘사한다. 광석과 암석의 이름, 광물조성, 색, 세기, 두께, 경사각 등을 밝힌다.

이러한 작업이 끝나면 추공주상도를 그린다.

추공주상도에는 추공의 번호, 자리표, 추공의 구조, 경사각, 추공당 암심의 길이, 암심조사자료, 시료분석결과, 물조사자료 등을 기록한다.

시추작업과 조사작업이 끝나면 암심을 함에 넣어 보관한다.

3. 시료채취

지하자원탐사에서는 지하자원의 분포상태와 함께 그의 질과 량까지 확정하게 된다.

지하자원의 질과 량은 체계적으로 수집한 시료의 분석에 의하여 확정한다.

시료채취는 탐사의 초기단계부터 마지막단계까지 진행한다.

시료의 분석에 의하여 다음의 문제들이 해결된다.

① 지질탐사작업의 방향과 광체의 품위계선을 설정한다.

② 광체의 두께와 경사각을 비롯한 채굴학적조건을 확정한다.

4. 매장량계산

매장량계산은 탐사작업을 총화짓는 마지막공정으로서 광상을 경제적으로 평가하기 위한 기본지표이다.

1) 매장량의 분류

매장량은 지질탐사정도와 공업적요구, 갱건설선행정도에 따라 분류한다.

(1) 지질탐사정도에 의한 분류

① 전망매장량

광체나 탄층의 로두탐사 또는 지질학적예측에 의하여 계산된 매장량이다.

② 예상매장량

개별적탐사갱도나 시추탐사에 의하여 탐사되거나 지구물리학적탐사자료에 의하여 확정된 매장량이다.

③ 가능매장량

성글게 배치된 탐사갱도나 시추에 의하여 탐사되고 유용성분의 분포와 채굴조건 및 처리방법에 대하여 예비적으로 연구된 매장량이다.

④ 확정매장량

탐사갱도와 시추탐사에 의하여 탐사되고 광체의 테두리는 밝혀졌으나 광체의 놓임새가 세밀하게 확정되지 못한 매장량이다.

⑤ 채굴준비매장량

준비갱도와 시추탐사에 의하여 세밀히 연구되고 채굴구역의 테두리가 설정된 매장량이다.

탄광, 광산의 개발작업은 가능매장량과 확정매장량에 의하여 진행된다.

(2) 공업적요구에 의한 분류

① 지질매장량

경제적요구를 고려하지 않고 지질학적견지에서 계산된 매장량이다.

② 공업매장량

지질매장량가운데서 주어진 시기의 기술발전수준에서 공업적가치로 보아 채굴할수 있는 매장량이다.

③ 준공업매장량

지질매장량가운데서 공업매장량을 던 매장량이다.

이 매장량은 기술발전과 인민경제적요구에 의하여 공업매장량으로 전환될수 있다.

④ 설계매장량

공업매장량가운데서 광산이나 탄광을 건설하고 운영할 때 손실되는 매장량을 던 매장량이다.

(3) 갱건설정도에 의한 분류

① 개발매장량

광산, 탄광의 개발작업 즉 개발갱도에 의하여 확보된 매장량이다.

② 채굴준비매장량

준비갱도에 의하여 확보된 매장량이다.

2) 매장량계산

매장량계산은 복잡한 광체(탄층)의 모양을 체적이 같은 단순한 기하학적모양으로 고쳐서 계산한다.

매장량계산법에는 산수평균법, 지질블로크법, 채굴블로크법, 다각형법, 3각형법, 자름면법이 있다.

① 산수평균법

산수평균법에서는 여러차례의 시추 또는 갱도탐사결과에서 얻은 자료들을 산수평균한 값을 가지고 매장량을 계산한다.

② 지질블로크법

지질블로크법에서는 광체를 지질학적특성에 따라 몇개의 블로크로 나누어 매장량을 계산한다. 즉

$$Z = \sum_{i=1}^{n} Z_i$$

Z_i-i번째 블로크의 매장량, t

$$Z_i = f_i m_i \rho_i$$

f_i-i번째 블로크의 면적, m^2

m_i-광체의 두께, m

ρ_i-광체의 밀도, t/m^3

③ 채굴블로크법

채굴블로크법에서는 탐사갱도 또는 채굴준비갱도를 리용하여 여러개의 채굴블로크로 나누어 매장량을 계산한다.

④ 다각형법

다각형법에서는 광체와 관통된 시추추공을 중심으로 하여 여러개의 다각형으로 광체를 나누어 매장량을 계산한다.

총매장량은 매개 다각형별로 매장량을 계산하고 종합하는 방법으로 계산한다.

⑤ 3각형법

3각형법에서는 광체를 만난 추공들을 서로 련결하여 여러개의 3각형으로 광체를 나누어 매장량을 계산한다.

⑥ 자름면법

자름면법에서는 탐사선자름면도 혹은 수준별평면도에 의하여 매장량을 계산한다.

참고자료

공기분석으로 광물을 찾아낼수 있는가

오늘 과학이 급속히 발전하고 지하자원에 대한 수요가 높아짐에 따라 자원탐사법도 더욱 발전하고있다.

학자들은 사람들이 《신비한 골짜기》나 인명피해를 입는 《악마의 보금자리》와 같은 비밀을 해명하는 과정에 각이한 지방의 공기조성이 서로 다르다는것을 알게 되였다. 즉 주어진 지방의 공기조성은 그 지방의 지질학적특성이나 땅속에 들어있는 각이한 물질적특성의 반영이라는것을 알게 되였다.

류화물광석 및 유색금속광체들이 있는 구역에는 광체가 2차적인 물리화학적변화 또는 생물학적인 변화를 받으면서 이산화탄소, 류화가스, 메탄가스, 수은가스들이 생기게 된다. 또한 방사성원소들이 있는 구역에는 He이나 Rn 같은 성분들이 생기게 된다. 가스의 높은 투과성과 이동속도로 하여 이것들은 땅속 100m의 깊이에서부터 가스상태로 땅우에까지 올라오게 된다.

때문에 공기속에 있는 공기의 조성을 분석함으로써 땅속 500~1 000m의 깊이에 숨어있는 광물자원들을 찾을수 있으며 지어 원유나 가스광상이 2~3km의 깊이에 있는것까지 알아낼수 있다.

공기속에는 보통 CO_2이 0.13~0.4%정도 들어있는데 탄층우에는 CO_2이 0.6~2.02%정도로서 현저히 높다. 따라서 탄층조사에서도 공기분석에 의한 가스화학탐사법을 리용하게 되였다.

오늘 자원탐사위성이 지구를 돌면서 보내는 많은 정보속에는 지구의 각이한 곳에서 나타나는 가스의 농도와 종류에 대한 측정자료들도 들어있다.

따라서 자원탐사위성의 자료를 해석하는것도 결국 공기를 분석하여 지하자원을 찾아내는 방법의 하나라고 볼수 있다.

제2장. 로천채굴

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《탄광, 광산들에서 채굴작업과 운반작업을 비롯한 고되고 품이 많이 드는 모든 작업을 적극 기계화, 자동화하며 선진적인 채굴방법을 널리 받아들이며 특히 로천채굴을 대대적으로 진행하여야 하겠습니다.》

로천채굴을 대대적으로 진행하는것은 광석과 석탄의 다량채굴, 다량처리를 실현하기 위한 중요한 방도의 하나이다.

광석이나 석탄을 땅속에 들어가서 캐자면 힘이 들고 품이 많이 든다. 갱을 하나 건설하자고 하여도 기일이 오래 걸리고 자재와 설비, 자금 또한 많이 든다.

갱내작업이 아무리 현대화되였다 하더라도 가스와 먼지, 물, 지압으로 인하여 오는 로동위생상 불리한 점을 완전히 없앨수는 없다.

그러나 로천채굴을 하면 모든 작업들이 밖에서 진행되기때문에 일하기도 쉽고 안전할뿐아니라 대형기계설비들을 그리 큰 제한이 없이 받아들일수 있기때문에 로동생산능률을 높일수 있다.

로천채굴은 이러한 좋은 점들이 많기때문에 광석과 석탄은 될수록 이 방법으로 캐야 한다.

제1절. 일반적개념

1. 지하자원의 채굴에 대한 개념

지질탐사작업에 의하여 광상이나 탄상을 찾아낸 다음에는 그곳에 광산이나 탄광을 건설하고 광석과 석탄을 캐내게 된다.

그러면 광상이나 탄상을 어떤 방법과 순차로 캐는가를 보기로 하자.

1) 채굴방식

광체나 탄층은 채굴조건에 따라서 로천채굴방식, 지하채굴방식, 특수채굴방식으로 채굴한다.

① 로천채굴방식

로천채굴방식은 광체나 탄층이 얼마 깊지 않은 땅속에 자리잡고있을 때 그우에 덮여있는 암석을 벗겨버리고 광체나 탄층을 드러나게 해놓고 채굴하는 방식이다. 이때 암석을 벗기는 작업을 박토작업 또는 박토라고 한다.

이 채굴방식은 건설작업량이 적고 건설기간도 짧으며 대형설비를 쓸수 있는 좋은 점이 있다. 그러나 깊이가 깊어지면 박토작업량이 많아지고 힘들어진다. 이때에는 지하채굴방식으로 넘어가야 한다.

② 지하채굴방식

지하채굴방식은 지표로부터 광체나 석탄층이 있는 곳까지 갱도를 건설하고 채굴하는 방식이다.

이 채굴방식은 적용에서 제한이 없기때문에 지금 우리 나라의 많은 광산, 탄광들은 지하채굴을 하고있다.

③ 특수채굴방식

특수채굴방식은 지금 일반적으로 쓰고있는 로천채굴방식이나 지하채굴방식과는 원리적으로 다른 방식으로서 땅속에 묻혀있는 고체상태의 광석이나 석탄을 액체나 기체상태로 바꾸어 채굴하는 방식이다.

이 방식에는 동, 아연, 금, 돌소금, 류황 등을 액체로 만들어서 채굴하는 방법과 석탄의 지하가스화가 속한다.

이 방식은 사람이 땅속에 들어가지 않고 지표에서 광석이나 석탄을 체굴하기때문에 채굴공정이 단순하고 어렵고 품이 많이 드는 작업을 헐하고 문명한 로동으로 만들수 있다.

그러므로 이 채굴방식은 전망성이 크다.

2) 광상과 탄상의 채굴작업순서

모든 채굴방식에서 광석과 석탄을 채굴하는 과정은 크게 두 단계 즉 채굴을 준비하는 개발작업단계와 채굴작업단계로 볼수 있다.

로천채굴을 할 때의 준비작업은 지표의 준비작업과 지표에서부터 광체까지 박토, 광석을 지표면까지 운반하고 필요한 설비를 채굴장까지 운반하며 사람들의 통행을 보장하기 위한 도로를 건설하는것이다.

지하채굴을 할 때에는 지표에서부터 광체까지 갱도를 건설하게 되는데 이 갱도의 사명은 채굴한 광석을 지표에로 운반하고 필요한 설비를 채굴장까지 운반하는 외에 갱내에서 일할수 있게 공기와 동력을 보내주며 갱내에서 나오는 물을 지표에까지 운반하는것이다.

이와 같이 광상이나 탄상에서 광석과 석탄을 채굴하기 위하여 지표에서부터 광체나 탄층이 있는 곳까지 운반, 배수, 통기, 동력공급 그리고 사람들의 통행을 보장하기 위한 도로 또는 갱도를 건설하는데 이것을 채굴부문에서는 개발작업이라고 한다.

채굴작업이란 개발작업이 끝난 다음 채굴장을 만들어놓고 거기에서 광석이나 석탄을 채굴하는 작업을 통털어 말한다.

3) 채취률과 빈화률

광산이나 탄광들에서는 흔히 채굴방법의 효과성을 서로 비교하기 위하여 채취률과 빈화률이라는 말을 쓴다.

광산이나 탄광들에서는 땅속에 있는 전체 광석이나 석탄을 다 채굴하지 못하고 일부는 남기게 된다.

그것은 여러가지인데 흔히는 지하구조물이나 지표시설을 보호하기 위하여 남기고 채굴작업이나 운반작업을 할 때 막장바닥이나 갱도바닥에 떨어지는 광석이나 석탄도 남기게 된다.

이때 채굴할수 있는 광석량에 대한 실지 채굴한 광석량의 비률을 채취률이라고 한다. 즉

$$C = \frac{Q_{채}}{Q_{광}} \times 100$$

C-채취률, %

$Q_{광}$-채굴할 광석량, t

$Q_{채}$-채굴한 광석량, t

채굴해낸 광석의 품위는 광체의 품위보다 낮아진다.

그 원인은 채굴과정에 천반에 붙어있던 암석이 떨어져서 광석속에 섞일수도 있고 품위가 낮은 광석층이나 맥석이 광체속에 끼워있을수도 있기때문이다.

이때 품위가 낮아지는 정도를 빈화률로 표시한다. 즉

$$\gamma = \frac{\alpha_{광} - \alpha_{조}}{\alpha_{광}} \times 100$$

γ-빈화률, %

$\alpha_{광}$-광체의 품위, %

$\alpha_{조}$-채굴한 광석의 품위, %

광석을 채굴할 때 빈화률이 높다는것은 광석속에 버럭이 많이 들어갔다는것을 의미한다.

따라서 광산이나 탄광들에서는 채취률을 높이고 빈화률을 낮추어야 한다.

2. 로천채굴장의 형태

로천채굴작업에 영향을 주는 중요한 요인은 광체의 놓임조건이다.

로천채굴장은 지표면에 대한 광체의 놓임새에 따라서 크게 3가지 형태 즉 표면형, 산지형, 심부형으로 나눈다.(그림 2-1)

표면형로천채굴장은 지표가까이에 있는 광체를 채굴하는 채굴장으로서 채굴장의 깊이는 보통 40~60m로 보고있다.

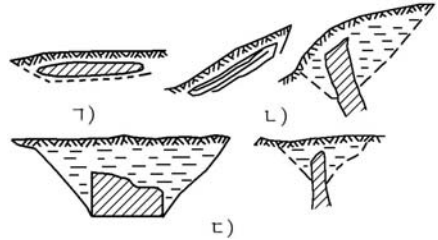
그림 2-1. 로천채굴장의 형태
ㄱ-표면형, ㄴ-산지형, ㄷ-심부형

금야청년탄광이 이 형태에 속한다.

산지형로천채굴장은 주어진 지대의 일반지표수준보다 높은 수준에 있는 광체를 채굴하는 채굴장이다.

우리 나라의 무산광산은 산지형로천채굴장에 속한다.

심부형로천채굴장은 지표로부터 깊은 곳에 있는 광체를 채굴하는 채굴장인데 은률광산이 이 형태에 속한다.

로천채굴장의 형태에 따라서 박토를 운반해가는 장소 즉 퇴적장의 위치와 도로의 배치형식이 달라진다.

3. 로천채굴장의 요소

로천채굴장이 어떻게 생겼는가를 야외경기장과 대비하여 보기로 하자.

심부형로천채굴장을 높은 곳에 올라가서 내려다보면 마치도 큰 야외경기장을 련상하게 한다. 이때 경기장의 테두리는 로천채굴장의 테두리로, 경기장의 관람석들은 로천채굴장의 계단으로, 관람석으로 오가는 길은 로천채굴장의 도로로, 경기장의 바닥은 로천채굴장의 바닥으로 볼수 있다.

그런데 실지 로천채굴장은 바닥의 크기가 작고 계단이 높다.

로천채굴장의 구조는 테두리, 계단, 도로로 되여있다고 말할수 있다.

로천채굴장의 테두리는 로천채굴장이 차지하는 일정한 계선으로서 이것을 잘 정해야 설비, 퇴적장의 위치와 구조물들을 전망성있게 배치할수 있다.

로천채굴장의 계단은 암석이나 광석으로 되여있는데 채굴설비와 적재 및 운반수단들이 작업하는 곳이다.

로천채굴에서 박토작업이나 채굴작업은 일정한 높이를 가진 계단을 만들어서 한다.

로천채굴장의 계단에는 암반을 벗기는 박토계단과 광석이나 석탄을 채굴하는 채굴계단이 있다.

그리고 실지 작업을 하는 계단을 작업계단이라고 하며 작업을 끝낸 계단을 비작업계단이라고 한다.

로천채굴장의 계단의 구조를 그림 2-2에 주었다.

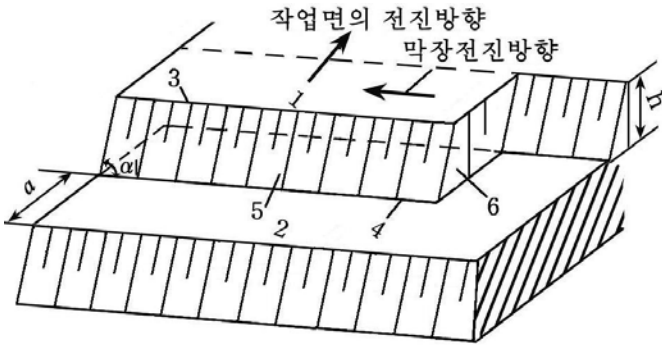



그림 2-2. 로천채굴장의 계단
1-웃평면, 2-아래평면, 3-계단의 웃모서리, 4-계단의 아래모서리,
5-계단의 경사면, 6-계단의 옆면,
a-계단의 너비, h-계단의 높이, α-계단의 경사각

계단의 높이는 보통 10~15m정도로 하며 너비는 굴착기가 움직이지 않고 광석이나 암석을 퍼담을수 있으며 운반설비들이 통과할수 있을 정도로 한다.

계단의 경사각은 계단이 저절로 무너져내리지 않게 정한다.

로천개발은 광체나 탄층을 로천채굴방식으로 채굴할수 있게 준비하는것인데 여기서 중요한 문제는 지표에서부터 광체나 탄층이 있는 곳까지 통로 즉 도로를 형성하는것이다.

제2절. 로천개발

1. 박토결수

로천개발작업을 하려면 로천채굴장의 경계는 어디이고 한계깊이는 얼마까지인가 하는 문제가 결정되여야 한다.

이 문제해결에서 기본을 이루는것은 박토량과 그 처리이다.

로천채굴작업에서 압도적인 비중을 차지하는것은 박토처리작업이다.

박토처리량과 광석채굴량사이의 량적관계를 특징짓는 지표를 박토결수로 표시한다.

박토결수란 채굴할 광석량에 대한 박토처리량의 비를 말한다.(그림 2-3)

$$K = \frac{V}{Q}$$

K-박토결수, m^3/t

Q-채굴할 광석량, t

V-처리할 박토량, m^3

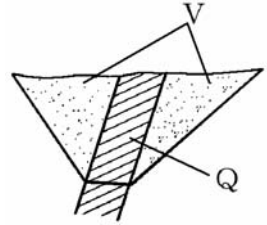



그림 2-3. 박토결수

박토결수에는 여러가지가 있는데 많이 쓰이고있는것은 한계박토결수이다.

한계박토결수는 로천채굴할 때 지하채굴에 대하여 경제적견지에서 허용되는 박토결수이다. 그러므로 한계박토결수의 계산은 주어진 광상을 로천채굴과 지하채굴할 때 그의 채굴원가가 서로 같다는데로부터 출발한다.

2. 변두리경사각

변두리경사각은 로천채굴장의 한계깊이와 테두리를 결정하는데서 중요한 인자로 된다.

로천채굴장의 계단들의 총체를 변두리라고 한다. 로천채굴장의 제일 웃계단의 웃모서리선과 제일 아래계단의 아래모서리선을 련결한 직선을 변두리경사선이라고 하며 이 변두리경사선이 수평면과 이루는 각을 변두리경사각이라고 한다.

변두리경사각은 변두리의 안정성을 보장할수 있게 되여야 하며 보통 암석의 세기에 따라 30~50°범위에 있다.

3. 로천개발법

로천개발법은 로천채굴을 할수 있게 지표로부터 광체가 있는 곳까지 통로를 설치하는 방법이다.

이 통로는 박토와 광석의 운반, 사람의 통행, 자재운반에 리용된다.

로천개발법은 지형과 광체와의 놓임새, 지형조건 등을 고려하여 여러가지방법으로 갈라볼수 있다.

1) 표면형 및 심부형로천채굴장의 개발법

이 개발법에는 운반도로가 없는 개발법, 보통경사도로에 의한 개발법, 급경사도로에 의한 개발법, 갱도에 의한 개발법이 있다.

① 운반도로가 없는 개발법

이 개발법에서는 광석이나 석탄 또는 버럭을 운반하기 위한 도로가 따로 없고 설비, 자재를 운반하거나 사람이 다니기 위한 보조적인 도로가 있다. 그러므로 이 개발법은 광체나 탄층이 지표에 드러나있거나 얕게 묻혀있을 때 적용하는데 개발작업량이 적으므로 중소규모의 광산, 탄광을 개발할 때 적용할수 있다.(그림 2-4)

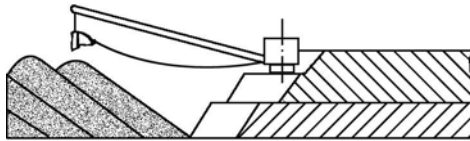



그림 2-4. 운반도로가 없는 개발법

② 보통경사도로에 의한 개발법

보통경사도로에 의한 개발법은 자동차운반을 할수 있게 도로의 구배를 10%이하로 배치하는 방법이다.

이 개발법에서는 운반도로를 로천채굴장의 테두리밖에 배치할수도 있고 안에 배치할수도 있다. 여기서 구배는 % 또는 ‰로 표시하는데 %란 수평거리 100m당 몇m나 높아지는가를 나타내는 기호이며 ‰란 수평거리 1 000m당 몇m나 높아진 구배인가를 나타내는 기호이다.

실례로 구배가 5%라고 하면 수평거리 100m당 5m가 높아진 구배이고 5‰라고 하면 수평거리 1 000m당 5m가 높아진 구배이다.

이 개발법에서는 매개 작업단계에서 나오는 광석이나 석탄을 기본도로로 운반한다.

기본도로에는 직선형과 꺾임형이 있다.(그림 2-5)

이 개발법은 광체나 탄층이 깊게 묻혀있는 심부형로천채굴장인 때 적용한다.

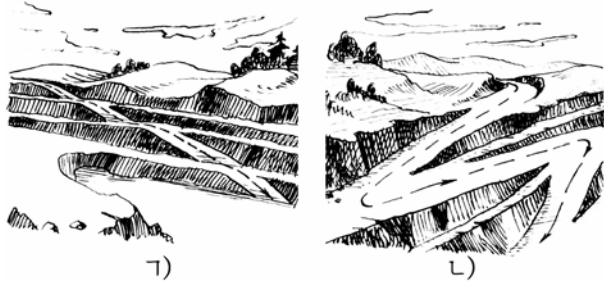



그림 2-5. 로천채굴장의 안에 배치할 도로의 형태
ㄱ-직선형, ㄴ-꺾임형

우리 나라의 은률광산은 이 개발법으로 개발되였다.

③ 급경사도로에 의한 개발법

이 개발법은 지표로부터 작업수준까지 급한 도로를 닦고 여기에다 스키프나 케이지를 설치한다.

스키프통로에 의한 개발법은 채굴장의 깊이가 깊고 생산능력이 클 때 적용한다.

스키프통로에 의한 개발법의 우점은 운반통로건설작업량이 적은것이다. 즉 스키프통로를 로천채굴장의 비작업변두리경사각과 같게 설치할수 있기때문에 통로건설작업량이 적어진다. 또한 운반거리가 짧고 스키프의 속도가 빠르기때문에 운반능력이 크다.

로천채굴장이 깊어져도 운반통로를 만드는데 제한을 받지 않는다.

그러나 스키프통로에 의한 개발법은 막장운반을 자동차로 하므로 이적장을 만들어야 하며 채굴장이 아래로 내려가면 이적장도 옮겨야 하는 결함이 있다.

케이지통로에 의한 개발법은 깊은 로천채굴장에서 자동차의 올리운반을 없애고 적은 대수의 자동차로 광석과 박토운반을 진행하는 경우에 적용한다. 이 개발법은 채굴깊이가 50m이상인 때 적용한다.

케이지는 대차를 쓴다. 대차는 짐 실은 자동차를 싣고 지표수준까지 끌어올리며 내려갈 때에는 빈차를 실어 로천채굴장의 아래수준에 내려보낸다.

대차운반은 짐을 다시 옮겨싣지 않고 지표수준까지 올라올수 있는 우점이 있으나 대차의 자체무게가 무겁고 자동차를 대차에 태우고 내리우는 공정이 불편한 결함이 있다.

케이지통로의 너비와 경사각은 스키프통로와 비슷하고 운반속도는 떨어진다.

④ 갱도에 의한 개발법

이 개발법은 로천채굴장의 광석운반을 위하여 지표수준과 주요운반수준을 갱도로 련결시켜주는 개발법이다.

갱도에 의한 개발법은 도로의 길이가 길어지고 구배를 조절하기 힘든 산경사로천채굴장에서 적용한다.

이때 그림 2-6에서 보는바와 같이 수직갱이나 사갱을 가새갱도와 결합하거나 사갱을 직접 뚫을수도 있다.

그림 2-6. 갱도에 의한 개발법
ㄱ-수직갱이나 사갱을 가새갱도와 결합한 경우, ㄴ-사갱을 직접 적용한 경우;
1-수직갱, 2-가새갱도, 3-사갱

이 개발법은 지형조건과 장애물에 의한 영향이 없고 다른 개발법에 비하여 운반통로의 길이를 훨씬 줄일수 있으며 락광정으로 개발하였을 때에는 락광정에 일정한 량의 광석을 저장할수 있으므로 채굴작업이 멎어도 선광장에 광석을 공급할수 있는 우점이 있다.

그러나 갱도건설작업량이 많고 건설기간이 오래며 락광정으로 개발하였을 때에는 그 유지가 힘든 결함이 있다.

2) 산지형로천채굴장의 개발법

산지형로천채굴장의 개발법에는 여러가지가 있으나 여기서는 보통경사도로에 의한 개발법, 락광정과 지표락광수채에 의한 개발법에 대하여서만 보기로 한다.

① 보통경사도로에 의한 개발법

이 개발법은 작업계단수준으로부터 선광장수준까지 보통경사를 가진 내리막도로를 닦고 주로 자동차를 쓰는 개발법으로서 산의 경사면이 완만할 때 적용한다. 이때 도로는 로천채굴장의 테두리밖에 배치한다.

이때에는 광석이나 박토를 주로 내리운반하므로 심부형로천채굴장에 비하여 운반작업이 편리하다.

② 락광정에 의한 개발법

이 개발법은 채굴작업수준으로부터 운반수준까지 락광정을 수직 또는 경사지게 뚫고 그것을 통동갱과 결합하여 쓰는 개발법이다.

락광정은 로천채굴장의 안에 뚫을수도 있고 밖에 뚫을수도 있다.

락광정이란 광석을 웃수준에서 아래수준으로 떨어뜨려 운반하기 위하여 뚫은 수직갱 또는 급경사갱도를 말한다.

락광정은 보통 원형으로 뚫는데 채굴장에서 나온 큰 덩어리의 광석을 깨기 위하여 흔히 그밑에 파쇄기를 설치한다. 통동갱으로는 전차, 자동차, 벨트콘베아로 광석이나 박토를 운반한다. (그림 2-7)

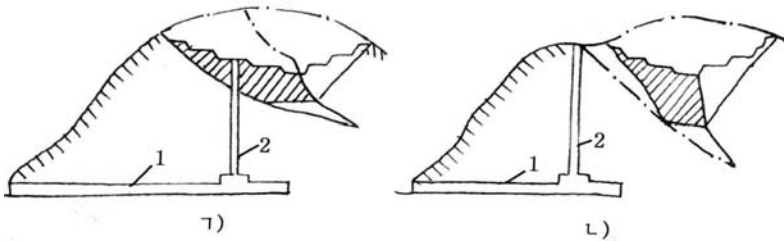



그림 2-7. 락광정에 의한 개발법
ㄱ) 락광정을 로천채굴장의 안에 배치하는 경우,
ㄴ) 락광정을 로천채굴장의 밖에 배치하는 경우;
1-통동갱, 2-락광정

③ 지표락광수채에 의한 개발법

이 개발법은 산의 경사면을 따라 광석을 내려보내기 위한 수채를 놓고 일반지표수준까지 제무게로 광석을 운반하는 개발법이다.

지표락광수채의 위치는 채굴막장으로부터 자동차로 운반하는 거리가 가까우면서도 여러 계단수준에서 동시에 적하할수 있는 편리한 곳에 잡아야 한다.

지표락광수채의 경사각은 40~50°이상으로 경사져있으면서 작업계단수준과 지표운반수준과의 높이차가 그리 심하지 않을 때 적용한다.

지표락광수채에 의한 개발법은 수채아래에 접수장이 있는것과 저광사가 있는것, 직접 광차나 콘베아에 싣게 된것 등이 있다.

지표락광수채의 높이는 60~80m범위에서 선정하는것이 좋다.

지표락광수채의 길이가 너무 길 때 내려오는 광석덩어리의 속도를 조절하기 위한 속도제한장치를 만들어 설치할수도 있다.

일반적으로 지표락광수채는 바닥이 굳은 암석으로 이루어진 곳에 만드는것이 좋다. 그러나 부득이한 경우에는 암석이 연약한 곳에도 만들수 있다.

지표락광수채의 우점은 광석운반에서 동력을 쓰지 않고 운반거리를 단축하는것이다.

결함은 광석들이 부스러지며 특히 장마철에 흙탕물이 쏟아져내려와 저광사운영이 힘들어지는것이다. 그러므로 이 개발법을 적용할 때에는 장마철대책을 철저히 세워야 한다.

4. 로천개발작업

로천채굴장을 개발하기 위하여서는 일반지표수준과 작업계단들을 도로를 비롯한 여러가지 통로로 련결하여야 한다. 바로 이 통로로 로천채굴장에서 채굴되는 광석과 석탄, 박토를 운반하고 사람들이 다니며 설비와 자재들을 운반한다. 그러므로 로천개발작업은 결국 이 통로들을 어디에 어떻게 배치하고 건설하겠는가 하는것이라고 볼수 있다.

통로에는 자동차도로, 콘베아운반길, 스키프 및 케이지운반길이 있다.

① 자동차도로

자동차도로는 자동차들이 오가는 통로인데 그의 구조를 보면 크게 로반, 차길, 길섶, 옆도랑으로 되여있다.

로반은 량쪽 옆도랑까지 포함한 도로의 구조물로서 자동차도로에서 제일 중요한 부분이다. 로반은 암석으로 만드는것이 좋은데 모래나 흙으로도 만든다.

차길은 자동차가 다니는 부분이다.

길섶은 사람이 다니거나 도로수리에 필요한 재료나 설비들을 보관해두는 곳으로서 차길의 량옆에 0.5m이상의 너비로 낸다.

차길과 길섶을 로면이라고 한다.

옆도랑은 로반으로 흐르는 물을 빼내기 위한것으로서 그 너비는 1~1.6m정도로 한다.

로천채굴장단선도로의 차길너비는 10~15t급자동차에서 3.5~3.75m, 25~45t급자동차에서 4.25~4.5m, 45~120t급자동차에서 5m이다.

② 콘베아운반길

로천채굴장에서는 채굴장으로부터 광석이나 석탄, 박토를 선광장

이나 박토퇴적장까지 운반할 때 그리고 채굴장안에서 운반할 때 콘베아를 쓸수 있다. 콘베아운반길은 자동차도로에 비하여 건설하기가 쉽고 관리하기도 쉽다.

콘베아운반길의 너비는 보통 2.5~4.5m정도이다.

③ 스키프 및 케이지운반길

스키프 및 케이지운반길은 작업계단과 지표면사이를 급한 경사로 련결한 운반길로서 여기로는 스키프나 케이지가 레루를 따라 오르내린다.

스키프나 케이지는 철판으로 만든 통인데 여기에는 레루를 따라 오르내리는 바퀴가 달려있다. 스키프로는 주로 광석이나 석탄을 운반하며 케이지로는 광석이나 석탄을 실은 자동차를 실어나른다.

우리 나라 로천채굴장에 쓰고있는 스키프로는 15t, 25t, 40t의 광석을 운반한다.

제3절. 로천채굴작업공정

로천채굴의 기본채굴작업공정은 천공발파작업, 적재작업, 운반작업, 버럭퇴적공정으로 되여있다.

1. 천공발파작업

1) 천공발파작업에 대한 요구

로천채굴에서 천공발파작업은 다음과 같은 기술적요구를 만족시켜야 한다.

① 발파된 암석덩어리들의 크기는 굴착기의 바가지와 운반수단의 규격에 맞아야 한다.

② 굴착기가 련속적인 작업을 보장할수 있도록 발파된 암석더미의 예비가 있어야 한다.

굴착기의 작업조건을 보장하기 위하여서는 채굴작업구간을 3개 구간 즉 굴착, 예비, 천공구간으로 나누는것이 필요하다.

③ 발파후 계단의 바닥솟음이 없어야 한다.

④ 발파할 때 발파진동을 약하게 함으로써 변두리암석에 균렬이 적게 생기게 하여 로동안전조건이 보장되도록 해야 한다.

⑤ 발파작업에 로력과 자재가 적게 들도록 해야 한다.

로천채굴작업에서 이러한 기술적요구를 만족시키려면 발파요소와 발파설계를 과학적으로 해야 한다.

로천채굴장의 천공발파작업에서는 이러한 기술적요구가 만족되도록 발파하여야 한다.

2) 천공작업

(1) 천공방법

로천채굴장에서 적용하는 천공방법은 작업공구의 침투방법과 사용되는 기계설비들에 의하여 기계적천공과 비기계적천공으로 나눈다.

기계적천공에는 타격식천공, 회전식천공, 회전-타격식천공, 진동천공방법이 있다.

비기계적천공에는 열천공, 수력천공, 폭발천공, 전기천공방법이 있다.

타격식천공에서는 서로 다른 직경을 가진 착암기들과 쇠바줄타격식착정기를 쓰는데 동력으로는 압축공기와 전력을 사용한다.

회전식천공은 암석의 세기결수가 f=1.5~4인 암석에서 효과적인데 여기에서는 절삭날에 의하여 암석을 깎아내면서 천공하고 타래식으로 된 정에 의하여 암석가루를 제거한다.

회전-타격식천공은 임의의 세기를 가진 암석에 적용한다.

(2) 천공설비

로천채굴장에서 쓰는 천공설비는 쇠바줄타격식착정기, 회전타격식착정기, 침입식착암기 등이다.

① 쇠바줄타격식착정기

이 설비는 로천채굴장에서 오래전부터 기본천공수단으로 되여있으나 천공능력이 낮아 최근에는 회전타격식착정기로 교체되고있다.

이 착정기에 의한 천공방법은 쇠바줄에 매달린 질량이 2 000~3 000㎏인 착정자가 0.6~1.2m의 높이에서 떨어지면서 암석에 타격을 가하여 그것을 파괴하면서 발파구멍을 뚫는다.

회전은 쇠바줄의 꼬임에 의하여 진행되며 암석가루는 물과 함께 푸개로 퍼낸다.

② 회전타격식착정기

이 설비는 로천채굴장의 기본천공수단으로서 임의의 세기를 가진 암반에서 수직 또는 경사진 발파구멍을 뚫는다.

천공은 3개의 원추형로라가 서로 마주 돌아가면서 암석을 타격하여 깎아낸다.

회전타격식착정기로는 암석의 세기결수가 f=6~20인 암석에서 직경이 100~500mm인 발파구멍을 45m 깊이까지 뚫을수 있다.

회전타격식착정기는 크게 주행부, 기관실, 작업부로 되여있다.(그림 2-8)

주행부는 기관실과 작업부를 지지해주면서 착정기를 이동시키며 기관실은 작업부를 지지해주는데 여기에는 전기, 유압, 물, 공기계통의 주요설비들이 설치되여있다.

작업부는 광석이나 암석에 발파구멍을 뚫는 부분으로서 정대회전기구, 정대공급장치, 정대의 분해 및 조립기구로 되여있다.

그림 2-8. 회전타격식착정기
1-주행부, 2-기관실, 3-작업부

우리 나라에서 생산되는 《락원-2》호착정기는 1MPa의 압축공기압력으로 직경이 250mm이고 깊이가 24m인 발파구멍을 뚫을수 있으며 그 질량은 55.5t에 달한다.

③ 침입식착암기

이 착암기는 굳은 암석을 포함한 여러가지 암석들에서 발파구멍을 천공한다.

침입식착암기는 직경이 105~165mm인 발파구멍을 20m까지 수직 및 임의의 각도로 경사지게 뚫을수 있다.

침입식착암기는 무한궤도식주행장치, 사슬식추진기구, 정대회전기구 및 침입머리로 이루어져있다. 이 설비에 설치된 기대들은 이동식압축기에서 나오는 압축공기를 동력으로 사용하고있다.

3) 발파작업

발파란 천공설비로 광석이나 석탄, 암석속에 뚫은 발파구멍에 폭약을 다져넣고 폭발시키는것을 말한다.

폭발할 때에는 격렬한 소리가 나면서 빠른 속도로 화학반응이 진행되는데 이때 높은 열과 이산화탄소(CO_2), 질소(N_2)와 같은 기체가 생기며 압력이 급격히 커진다. 그리하여 터지면서 깨거나 파괴하는것과 같은 파렬이 일어난다.

(1) **발파방법**

로천채굴장의 발파방법에는 큰 발파구멍에 의한 발파방법, 작은 발파구멍에 의한 발파방법, 갱실장약발파방법이 있다.

큰 발파구멍에 의한 발파방법에서는 직경이 105~450mm정도, 깊이가 50m까지의 발파구멍에 폭약을 장약하여 발파한다.

작은 발파구멍에 의한 발파방법에서는 직경이 75mm이하, 깊이가 5m까지인 발파구멍에 폭약을 장약하여 발파한다.

갱실발파방법에서는 갱실에 폭약을 장약하여 발파한다.

로천채굴장에서는 많은 경우에 이러한 발파방법들을 결합하여 발파한다.

(2) **폭약과 발파수단**

발파작업은 폭약과 발파수단으로 한다.

① 폭약

폭약은 열 또는 충격을 받으면 급격한 화학반응을 일으키면서 높은 가스압력을 발생시키는 화합물 또는 혼합물 다시말하여 폭발을 일으키는 물질을 말한다.

폭약에는 발사약, 폭파약, 기폭약이 있다.

발사약에는 흑색화약이 속한다.

흑색화약은 숯, 류황, 질석으로 만든 폭발생성물로서 추진적인 폭발효과를 나타낸다. 그러므로 이 폭약은 총탄이나 로케트를 발사하는데 쓰며 공업에서는 도화선을 만들 때 심약으로 쓴다.

흑색화약은 불을 달아주는 방법으로 폭발시키는데 이때 많은 연기가 나는것이 특징이다.

폭파약은 보통조건에서는 안전하며 특수한 조건에서만 폭발하는 폭약으로서 주로 파괴적인 작용을 한다. 때문에 이 폭약은 흑색화약처럼 불을 달아주는 방법으로 폭발시킬수는 없으며 뢰관이나 도폭선의 폭발힘을 받아야만 폭발한다.

폭파약에는 암모니트폭약, 11호폭약, 함수성폭약, 유화폭약 등이 있다.

-암모니트폭약

암모니트폭약은 질산암모니움과 뜨로찔을 주성분으로 하고있다.

이 폭약은 공업에서 쓰는 폭약가운데서 제일 안전한 폭약이다.

다시말하여 이 폭약은 불꽃이나 불길에도 잘 타지 않으며 마찰이나 타격에도 감도가 약하다. 그러나 이 폭약은 습기를 받으면 굳어지고 폭

발할 때 유해로운 가스가 많이 생긴다. 그러므로 습기를 받지 않도록 해야 한다.

암모니트의 폭발속도는 2 500~5 100m/s, 폭발온도는 1 700~2 600℃이다.

암모니트폭약은 가루상태로 쓰거나 직경이 32 mm이고 질량이 200g인 약포를 만들어서 쓴다.

-11호폭약

이 폭약의 주성분은 질안과 연유이다. 그러므로 질안연유폭약이라고도 한다.

이 폭약은 감도가 낮은데 습기를 받으면 폭발위력이 많이 떨어진다. 폭발에네르기는 3 762kJ/kg이다.

11호폭약이 폭발할 때 나오는 유해로운 가스는 NO_2과 CO이다.

이 폭약의 우점은 값이 눅고 수송과 취급에서 안전하며 장약을 기계화할수 있는것이다.

그러나 섞은것을 오래 두면 기름이 흘러내려 배합비가 달라진다.

그리고 습기를 잘 빨아들이므로 물이 있는 발파구멍에서는 쓰지 말아야 한다.

-함수성폭약

이 폭약은 물의 영향을 적게 받으면서도 폭발힘이 크기때문에 주로 물이 많이 나오는데 쓴다. 이 폭약은 폭발할 때나 적고 제작과 저장, 운반할 때 유독가스가 적게 생긴다. 현장에서 혼합할수 있으며 위력을 조절할수 있다.

-유화폭약

이 폭약은 유화제, 유화안정제, 연료기름, 밀랍 등의 가연제를 산화제용액과 혼합한 폭약이다.

우리 나라에서 생산되는 유화폭약은 산화제로 질산암모니움, 질산칼시움을 쓰며 유화제로는 미강유를 혼합하여 쓰거나 지방산을 쓰기도 한다.

이 폭약은 다른 폭약보다 물에 견디는 성질이 세며 안전할뿐아니라 폭발할 때 유해로운 가스도 적게 나오고 폭발위력도 세다.

기폭약은 타격, 마찰, 불길 등의 약간한 초기충격에 의하여 폭발을 일으키는 폭약이다. 연소로부터 폭발에로의 이행이 빠르다.

기폭약에는 뢰홍, 질화연 등이 있다.

② 발파수단

발파수단에는 도화선, 뢰관, 도폭선이 있다.

도화선은 일정한 시간간격을 두고 뢰관에 불꽃을 전달하는 수단이다.

도화선의 구조는 심과 껍질로 되여있는데 심은 약하게 압착한 흑색화약으로 되여있으며 심의 중심에는 심실이 들어있다.

심의 둘레는 아마실과 면실로 세겹 씌워 물이 스며들지 못하게 칠감을 칠하였다. 칠감을 칠하지 않고 수지피복을 한 도화선도 있다.

도화선의 직경은 6mm이고 연소속도는 1cm/s이다.

폭약은 그자체로는 폭발하지 못하므로 외부적인 작용을 주어야 폭발할수 있다.

뢰관은 불길이나 격침이 충격을 받아 터지면서 폭약을 폭발시키는 기폭수단으로서 여기에는 도화선뢰관과 전기뢰관이 있다.

도화선뢰관은 도화선의 불길에 의하여 터지면서 폭약을 폭발시키는 발파수단인데 그의 구조는 그림 2-9와 같다.

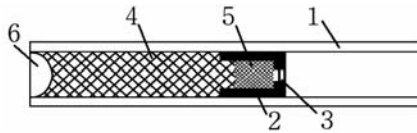



그림 2-9. 도화선뢰관

1-약통, 2-뢰관, 3-구멍, 4-전폭약, 5-점폭약, 6-오목부

그림에서 보는바와 같이 도화선뢰관은 도화선을 꽂을수 있게 속이 빈 금속 또는 종이로 만든 약통안에 감도가 예민한 기폭약인 점폭약과 전폭약을 다져넣어서 만들었다.

전폭약으로는 불꽃에는 예민하지 못하나 위력이 있는 텐, 헥소겐을 그리고 점폭약으로는 불꽃에는 예민하나 위력이 낮은 뢰홍이나 질화연을 쓴다.

뢰관의 한쪽에는 도화선을 꽂기 위한 공간이 있고 다른 한쪽에는 폭약의 폭발힘을 집중적으로 전달하기 위한 오목부가 있다.

도화선에 불을 달면 이 불꽃이 구멍으로 들어가 점폭약을 폭발시키면 그 힘에 의하여 전폭약이 폭발하며 이 폭발힘에 의하여 폭약은 폭발된다.

전기뢰관은 전기에네르기에 의하여 자체가 폭발하면서 폭약을 폭발시키는 기폭수단이다.

이 뢰관이 도화선뢰관과 구조상 다른 점은 전교, 발화물 그리고 각선으로 된 발화전기장치가 들어있는것이다.(그림 2-10)

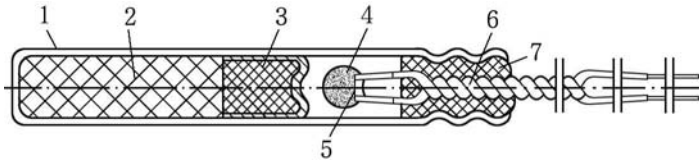



그림 2-10. 전기뢰관

1-약통, 2-전폭약, 3-점폭약, 4-전교, 5-발화물, 6-각선, 7-합성수지마개

전기뢰관에는 전류가 흐르는 순간에 발화물의 불길이 뢰관의 기폭약에 가닿아 폭발하는 순발전기뢰관, 전류가 흐른 다음 일정한 시간간격 다시말하여 2, 4, 6, 8, 10, 12s 등의 간격을 두고 폭발하는 지발전기뢰관과 전류가 흐른 다음 아주 짧은 시간(수ms로부터 수백ms)의 차이를 두고 폭발하는 미리초전기뢰관이 있다.

그림 2-10에서 보는바와 같이 전기뢰관의 두 각선에 전류를 보내면 전교가 가열되면서 이것을 둘러싸고있는 발화물에 불이 당긴다.

이 불꽃은 도화선의 불꽃과 같은 역할을 한다.

지체전기뢰관에는 지연시간을 규정하는 지연물이 더 들어가있는데 이 지연물에 따라 몇ms로부터 몇s까지의 지체시간을 가지고 폭발한다.

도폭선은 뢰관이 폭발하는 힘을 받아서 자체가 폭발하면서 폭약을 폭발시키는 기폭수단으로서 겉으로 보아서는 도화선과 비슷하지만 그의 성질과 사명은 전혀 다르다.

도폭선의 가운데에는 폭발속도가 매우 빠른 헥소겐이나 텐이 들어있고 겉에는 도화선과 같이 습기를 막는 칠감을 칠한 피복제가 씌워져있다.

도폭선의 직경은 6mm이며 폭발속도는 6 000~7 000m/s이다.

도폭선은 도화선뢰관이나 전기뢰관의 폭발힘과 같으므로 폭약을 폭발시킬수 있다. 즉 도폭선은 뢰관의 역할을 한다.

수지관도폭선은 우에서 본 도폭선과는 달리 실과 피복제대신에 폴리에틸렌수지관을 썼다.

이 도폭선의 외경은 3~3.5mm이고 내경은 1.5~2mm인데 수지관안의 겉면에 헥소겐과 같은 예민한 폭약가루를 얇게 발랐다.

수지관도폭선은 타격에는 잘 폭발하지 않으며 뢰관을 련결하여 터치면 2 000m/s의 속도로 폭발한다.

이 도폭선의 특징은 서로 사귀게 접촉시켜놓아도 폭발을 전달하지 않으며 자기줄을 따라서만 폭발하는것이다.

이 도폭선은 폭약을 직접 폭발시키지 못하고 뢰관을 거쳐서만 폭약을 폭발시킨다.

③ 폭약을 폭발시키는 방법

폭약을 폭발시키는 방법에는 도화선과 뢰관으로 폭발시키는 방법, 전기뢰관으로 폭발시키는 방법, 도폭선으로 폭발시키는 방법이 있다.

-도화선과 뢰관으로 폭발시키는 방법

도화선으로 폭발시키는 방법은 도화선이 타는 불꽃으로 뢰관을 폭발시키고 뢰관의 폭발힘으로 폭약을 폭발시키는 방법이다.

이 방법은 광산과 탄광들에서 갱도굴진이나 채굴작업에 많이 쓰고 있다.

도화선과 뢰관으로 발파하기 위하여서는 먼저 압축공기로 발파구멍을 깨끗이 청소한 다음 필요한 량의 폭약을 넣고 여기에 뢰관과 도화선을 련결한다.

이때 폭약은 발파구멍길이의 2/3 되게 넣는다. 그리고 나머지부분에는 발파할 때 생기는 가스가 새여나가지 못하도록 충진물을 채운다.

이와 같이 폭약을 장약한 다음에는 도화선에 불을 다는데 이때 반드시 지켜야 할 점은 작업장을 잘 정리하고 사람들을 안전한 곳에 대피시켜야 하며 발파한다고 알려주는것이다.

그리고 도화선에 불을 달 때에는 반드시 안전도화선에 먼저 불을 단 다음 매개 발파구멍의 도화선에 불을 단다.

안전도화선이 다 타면 무조건 대피하여야 한다.

도화선으로 폭발시키는 방법은 주로 지하채굴을 하는 광산과 일부 탄광들에서 갱도굴진이나 채굴작업에 적용하며 로천채굴장에서는 대발파로 깬 큰 덩어리(거석)의 광석을 2차파쇄할 때 적용한다.

-전기뢰관으로 폭약을 폭발시키는 방법

이 방법은 전기로 전기뢰관을 폭발시키고 전기뢰관의 폭발힘으로 폭약을 폭발시키는 방법으로서 가스탄광에서 널리 쓰고있다.

로천채굴장에서는 큰 발파구멍을 뚫어서 거기에 많은 량의 폭약을 넣어서 발파하기때문에 장약방법문제가 중요하게 제기된다.

로천채굴장에서 발파구멍에 폭약을 장약하는 방법에는 전면장약과 분리장약방법이 있다.(그림 2-11)

전면장약은 발파구멍의 밑으로부터 우로 올라오면서 일체식으로 폭약을 련속 채워넣는 방법으로서 이때에는 계단밑부분의 암석이 먼저 깨지고 계단의 웃부분은 제무게에 의하여 무너져내린다.

분리장약은 발파구멍에 일정한 사이를 두고 폭약을 채워넣는 방법으로서 이때에는 계단의 전체 높이에 걸쳐 발파가 고르롭게 된다.

그림 2-11. 발파구멍에 폭약을 장약하는 방법
ㄱ-전면장약, ㄴ-분리장약;
1-폭약, 2-충진물

이 방법은 도화선발파를 할수 없는 가스나 석탄먼지가 폭발할수 있는 탄광들과 수직갱, 30°이상의 경사갱도와 로천채굴장에서 발파할 때에도 쓴다.

전기뢰관으로 발파하기 위하여서는 매개 발파구멍에 전기뢰관이 들어간 폭약을 장약한 다음 기본전기줄(모선)을 늘이고 여기에 매개 전기뢰관의 각선을 련결한다.

이때 모선과 각선의 련결방법에는 직렬련결방법과 병렬련결방법이 있다.

뢰관들을 직렬로 련결하면 약한 전원을 가지고도 뢰관들을 폭발시킬수 있는 우점이 있으나 어느 한 전기뢰관의 각선이 끊어지면 다른 뢰관을 폭발시키지 못하는 결함이 있다.

이밖에도 직렬과 병렬련결을 혼합하여 뢰관들을 련결할수도 있다.

전기발파할 때 전원으로는 전기발파기에서 생기는 전기를 쓴다.

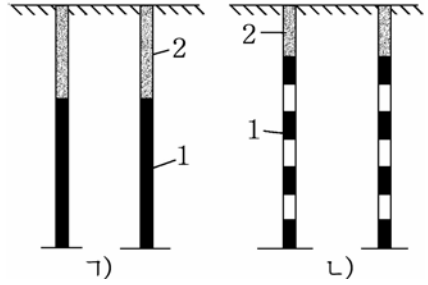
가스탄광에서는 불꽃이 밖으로 튀여나오지 않게 만든 내폭형발파기를 쓴다.

전기발파는 대피소에 가서 발파기로 발파하므로 작업이 안전하고 가스나 석탄먼지가 폭발할수 있는 곳에서도 안전하게 발파할수 있다.

그리고 지체뢰관을 사용할 때에는 발파구멍들이 일정한 시간차이를 두고 폭발되므로 발파효률을 높일수 있다.

-도폭선으로 폭약을 폭발시키는 방법

이 방법은 도화선과 뢰관으로 도폭선을 폭발시키고 도폭선의 폭발힘으로 폭약을 폭발시키는 방법이다.

이 방법은 주로 로천채굴장에서 발파할 때 쓰이고있다.

이 방법으로 발파할 때에는 먼저 도폭선의 한끝은 약포에 꽂고 다른 끝은 뢰관에 련결한다.

도폭선의 련결방법에는 직렬 또는 병렬 련결방법이 있다.(그림 2-12)

그림 2-12. 도폭선의 련결방법
ㄱ-직렬련결, ㄴ-병렬련결;
1-도폭선의 모선, 2, 3, 6-토막선,
4-뢰관, 5-도화선

이런 준비가 다되면 도화선에 불을 달아 폭발시킨다.

지금 광산, 탄광들에서 로천채굴장과 메탄가스가 없는 갱내발파에서는 수지관도폭선에 의하여 발파작업을 하고있다.

수지관도폭선을 리용하여 발파할 때에는 도화선과 뢰관으로 수지관도폭선을 폭발시키고 수지관도폭선이 약포안에 설치한 뢰관을 폭발시켜 폭약을 기폭시킨다.

상식자료

노벨과 다이나마이트

스웨리예의 스톡홀름에서 셋째아들로 태여난 노벨은 화학자였고 발명가였다.

1859년부터 스웨리예에서 니트로글리세린의 공업적생산을 시작한 노벨은 1863년에 니트로글리세린의 폭파용기폭제를 발명하였다. 이 실험과정에 큰 폭발로 동생과 직원들이 죽고 자신도 심하게 부상당하였다. 이 일을 동기로 노벨은 폭발하기 쉬운 액체니트로글리세린을 보다 안전하게 취급할수 있는 폭약에 대하여 연구하기 시작하였다.

그러던 1866년 어느날 공장안을 거닐던 노벨의 눈에 니트로글리세린이 들어있는 통을 나르는 한 로동자의 뒤모습이 눈에 띄였다.

그런데 통에 작은 구멍이 뚫어져있었던지 액체니트로글리세린이 방울방울 떨어지고있었다. 순간 곧 폭발할것으로 여긴 노벨은 《앗, 위험하다!》라고 웨치면서 몸을 피하고 살피였으나 니트로글리세린을 빨아들인 흙은 부풀고있을 뿐 폭발은 일어나지 않았다. 이것을 계기로 노벨은 열심히 연구한 결과 규조토라는 흙이 니트로글리세린을 빨아들이는데 가장 알맞는다는것을 알아내였다.

그리하여 안전성과 폭발성이 높은 새로운 폭약을 만들어 《다이나마이트》라고 이름을 붙이였다. 이것은 그리스어로 《힘》이라는 뜻이다. 1866년부터 다이나마이트는 대대적으로 생산되여 세계 여러 나라들에서 널리 쓰이게 되였다.

2. 굴착 및 적재작업

로천채굴장에서 굴착 및 적재작업은 기본적으로 굴착기로 한다.

이밖에 불도젤이나 적재운반차, 스크레빠를 보조적으로 리용한다.

굴착기는 로천채굴장에서 광석이나 석탄, 버럭을 파고 싣는 기본설비로서 굴착기의 생산능률에 따라 로천채굴장의 박토처리작업과 광석생산능력이 달라진다.

굴착기에는 크게 외삽굴착기와 여러삽굴착기가 있다.

① 외삽굴착기

외삽굴착기는 한개의 바가지가 굴착기팔에 매달려있는 굴착기이다.

앞면삽굴착기는 일반적으로 막장의 바닥수준에 설치되여 그 수준이상의 암석을 굴착하며 굴착한 암석을 운반수단에 적재하거나 버럭퇴적장에 쌓는다.

앞면삽굴착기로는 박토처리작업과 광석채굴작업을 하며 버럭퇴적작업도 한다.

지금 우리 나라의 로천채굴장들에서 제일 많이 쓰고있는 굴착기는 《장백》호굴착기이다.

이 굴착기는 크게 작업설비, 기관실, 주행장치, 전기설비 등으로 되여있다.(그림 2-13)

작업설비는 암석을 파서 일정한 높이까지 들어올린 다음 운반수단에 실어주는 장치로서 바가지, 삽대, 팔, 쇠바줄 등으로 되여있다.

기관설비는 동력을 내는 부분으로서 여기에는 전동용발전기, 회전기구, 삽대 및 팔올림기구, 공기압축기 등이 설치되여있다.

주행장치는 굴착기를 이동시키기 위한 무한궤도와 전동기구로 되여있다.

이 굴착기의 바가지용적은 $4m^3$이고 팔의 길이는 10.5m, 질량은 185t이다.

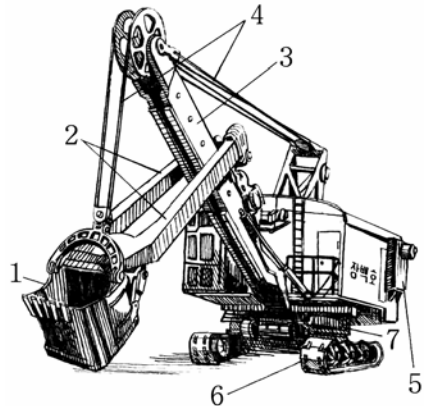



그림 2-13. 《장백》호굴착기
1-바가지, 2-삽대, 3-팔, 4-쇠바줄, 5-기관실, 6-무한궤도, 7-회전판

뒤면삽굴착기는 주로 굴착기의 설치수준아래에 있는 암석을 굴착하는데 쓰인다.

굴착기의 작업과정은 바가지가 바닥에 내려간 다음 바가지를 견인바줄로 끌어당기면서 암석을 굴착하는것으로 되여있다.

그다음 굴착기의 팔을 들어올려 적재된 암석을 부림터로 가져간다.

이 굴착기는 주로 보조작업에 쓰인다.

끌개삽굴착기는 굴착기가 서있는 수준보다 낮은데 있는 암석과 광석을 채굴하는데 쓴다.

끌개삽굴착기는 주로 버럭을 운반하지 않고 채굴공간에 이적하는데 쓴다.

이 굴착기가 앞면삽굴착기와 구조적으로 다른 점은 바가지가 권양쇠바줄과 끌쇠바줄에 매달려있는것이다.(그림 2-14)

그러므로 앞면삽굴착기에서는 바가지가 기관실의 앞을 향하여 전진하면서 암석을 퍼담지만 끌개삽굴착기에서는 바가지가 기관실쪽을 향하여 이동하면서 암석을 퍼담는다.

그림 2-14. 끌개삽굴착기
1-바가지, 2-팔, 3-권양쇠바줄, 4-끌쇠바줄, 5-팔지지쇠바줄, 6-기계실, 7-회전대판

이 굴착기의 작업공정은 처음 끌쇠바줄을 풀어주면서 권양쇠바줄을 당기면 제무게에 의하여 바가지가 작업할 곳까지 간다.

그다음 반대로 끌쇠바줄을 당기면서 권양쇠바줄을 풀어주면 바가지가 제무게에 의하여 암석을 일정한 두께로 깎으면서 퍼담는다.

바가지에 암석이 가득차면 권양쇠바줄을 당겨 바가지를 쳐들면서 바가지가 뒤집혀지지 않게 끌쇠바줄을 당긴다.

그다음 회전대판을 돌려 바가지를 부림장소에 가져가 권양쇠바줄을 고정하고 끌쇠바줄을 풀어주면 바가지의 앞이 숙여지면서 짐이 부리워진다.

② 여러삽굴착기

여러삽굴착기는 여러개의 바가지가 쇠바퀴에 고정되여 련속적으로 버럭이나 석탄을 굴착하는 굴착기이다.(그림 2-15)

이 굴착기는 작업부가 원통으로 되여있으며 그 둘레에는 여러개의 바가지가 달려있다.

원통이 돌아가면 바가지가 석탄을 깎으면서 담아서 뒤로 돌아올 때 벨트콘베아에 싣는다. 그러므로 이 굴착기는 석탄이나 연약한 암석을 련속적으로 깎고 운반할수 있다.

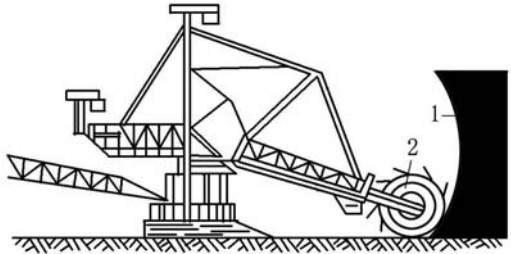



그림 2-15. 여러삽굴착기
1-탄층, 2-바가지가 달린 바퀴

이러한 의미에서 이 굴착기를 련속굴착기라고 할수 있다.

3. 운반작업

로천채굴작업에서 운반작업은 기본생산공정의 하나이다.

로천채굴장에서 채굴되는 광석과 버럭은 운반수단에 의하여 저광사나 버럭퇴적장으로 운반한다.

로천채굴장에서 운반의 특징은 거리가 수십m로부터 수km로 비교적 짧으며 운반량이 수백만t으로부터 수억t으로서 많은것이다.

그리고 로천채굴장의 운반은 고정된 통로에서 왕복운동이 진행되는 것이다.

로천채굴장운반에서 적용되는 방법은 자동차운반, 철길운반, 벨트콘베아운반, 관수송, 쇠바줄운반 등이다.

1) 자동차운반

로천채굴장에서 자동차운반은 지형 및 지질조건이 서로 다른 로천채굴장들에서 널리 적용되고있다.

자동차운반의 우점은 다음과 같다.

① 기동성이 좋고 독립적으로 운영할수 있기때문에 운반방식이 단순하며 회전반경이 작고 운반통로에 대한 요구가 높지 않다.

② 철길운반이나 콘베아운반에 비하여 굴착기로 암석을 적재하는데 편리하므로 굴착기의 생산성이 높다.

③ 퇴적장에서의 적하작업과 퇴적작업이 간단해진다.

그러나 자동차운반은 운반통로가 나쁜 경우에는 기름과 다이야소비가 많아지며 계절적인 영향 특히 장마철과 겨울에는 생산성이 떨어지는

결함이 있다.

로천채굴장에서는 주로 자동적하차식자동차를 사용하며 련결차도 리용되고있다. 지금 로천채굴장들에서는 25t급, 45t급, 100t급자동차 또는 그 이상의 자동차들도 리용되고있으며 부분적으로는 무궤도전기자동차도 리용되고있다.

자동차의 운행속도는 6km/h로부터 60km/h범위에 있다.

로천채굴장들에서 적용되는 자동차는 보통자동차와 구조적인 차이가 있다. 그것은 적재능력이 크고 큰 암석덩어리를 담는 굴착기를 사용하는 조건에서 충격힘에 견딜수 있도록 적재함바닥이 특골식으로 되여있다.

또한 암석덩어리들의 타격으로부터 운전실을 보호하기 위한 안전채양이 적재함에 붙어있으며 짐을 자동적하하기 위한 유압뽐프와 유압쟈끼가 설치되여있는것이다.

2) 벨트콘베아운반

벨트콘베아운반은 3화수송의 중요한 수송부문의 하나로서 로천채굴장에서 많이 적용하는 운반형태의 하나이다.

벨트콘베아는 크게 감속기가 달린 전동머리부, 조임장치가 있는 꼬리부, 벨트, 적재 및 적하장치, 지지로라들이 설치된 틀로 되여있다.(그림 2-16) 이밖에 부대설비로서 벨트청소장치, 도중에 짐을 싣고 부리는 장치, 안전제동장치, 보호장치 등이 있다.

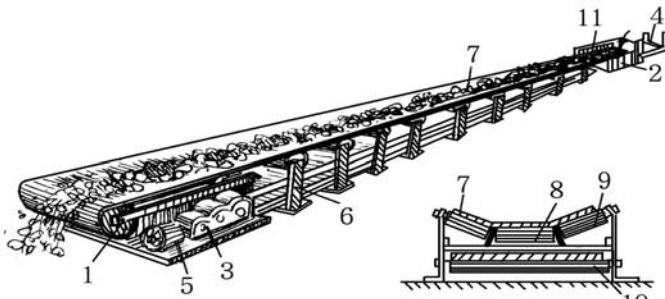



그림 2-16. 벨트콘베아의 구조

1-전동머리부, 2-꼬리부, 3-감속기, 4-조임장치, 5-전동기, 6-틀, 7-벨트, 8-웃수평로라, 9-열면지지로라, 10-아래지지로라, 11-급광장치

전동머리부는 벨트를 조여주면서 벨트에 회전운동을 전달하는 제일 중요한 부분으로서 전동기, 감속장치, 전동원통, 압착로라, 지지틀로

되여있다.(그림 2-17)

꼬리부는 벨트의 전동을 보장하면서 벨트를 긴장시켜 필요한 당길힘을 주는 역할을 한다.

꼬리부는 꼬리원통과 조임장치가 달린 틀로 되여있다.

벨트는 꼬리원통을 이동시켜서 긴장시킨다.

조임장치는 작업하는 벨트에 당길힘을 주어 벨트가 아래로 처지지 않게 하며 전동원통과 벨트와의 미끄럼을 막는 역할을 한다.

그림 2-17. 전동머리부
1-전동원통, 2-압착로라, 3-감속장치, 4-전동기, 5-지지틀

벨트는 콘베아에서 견인기관인 동시에 지지기관의 역할을 한다.

벨트는 거기에 무엇을 심지로 넣었는가에 따라 고무천벨트와 고무쇠바줄벨트로 나누는데 설치길이가 길지 않은 벨트콘베아에서는 고무천벨트를 쓰며 설치길이가 긴 장거리벨트콘베아에서는 고무쇠바줄벨트를 쓴다.(그림 2-18)

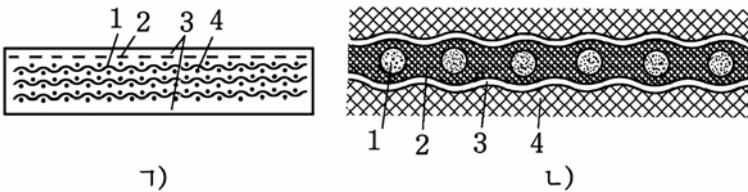



그림 2-18. 벨트의 구조
ㄱ-고무천벨트; 1-심지, 2-직물층, 3-고무층, 4-사이고무층,
ㄴ-고무쇠바줄벨트; 1-쇠바줄, 2-누힘고무층, 3-접착고무층, 4-걸고무층

고무천벨트의 걸면에는 고무를 씌웠으며 속에는 여러겹의 직물층이 들어있다.(그림의 ㄱ)

벨트에서 직물층은 벨트의 세기를 보장하여주며 고무층은 직물층을 보호하면서 충격과 마모를 막는다.

고무층의 두께는 벨트웃면에서 1.5~3.6mm이고 아래면에서 1.0~1.5mm이며 직물층의 수는 5~7이다.

만일 벨트에 직물층이 없으면 벨트는 지지기관으로서의 자기의 사명을 수행하지 못하게 되며 고무층이 없으면 인차 째지고 못쓰게 되고 만다.

고무쇠바줄벨트는 가는 쇠줄을 꼬아서 만든 쇠바줄을 심지로 넣어서 만든것이다.(그림의 ㄴ)

큰 끄는힘을 요구하는 장거리벨트콘베아에서는 강철쇠바줄을 심지로 넣은 고무쇠바줄벨트를 리용한다.

고무쇠바줄벨트에도 가로방향의 세기를 크게 하기 위하여 벨트에 보강천을 넣은것이 있다.

고무쇠바줄벨트에서 쇠바줄의 직경은 1.2~5.6mm이며 쇠줄의 직경은 0.2~0.5mm이다.

실례로 벨트의 너비가 1 400mm인 고무쇠바줄벨트에는 163개의 쇠바줄이 들어있다.

이 벨트의 우점은 세기가 매우 크기때문에 콘베아의 대당 설치길이를 수km로부터 수십km까지 할수 있는것이다.

지지로라와 지지틀은 콘베아의 전동머리부와 꼬리부사이에서 저항을 작게 하며 벨트우에 있는 짐이 쏟아지지 않게 하기 위하여 설치한다.

지지로라에는 옆면로라와 수평로라가 있는데 수평로라는 벨트가 잘 운동하게 하기 위하여 쓰며 옆면로라는 벨트가 어느 한쪽으로 이동하지 못하게 하기 위하여 쓴다.

벨트콘베아의 작용원리를 그림 2-19를 통하여 간단히 보자.

그림에서 보는바와 같이 전동원통이 돌아갈 때 그것을 둘러싸고있는 벨트와 원통사이에서 생기는 마찰력에 의하여 벨트는 움직인다.

그림 2-19. 벨트콘베아의 작용원리
1-전동원통, 2-벨트

벨트콘베아에서 벨트를 돌려주는 끄는 힘은 전동원통과 벨트가 닿는 면에서 생기는 마찰력과 같다.

그러므로 벨트콘베아가 돌아가기 위해서는 전동원통에서 내는 끄는힘이 콘베아의 전체 저항힘과 같거나 커야 한다.

만일 이러한 조건이 보장되지 못하게 되면 전동원통과 벨트사이에서 미끄럼현상이 일어나 벨트콘베아가 돌아가지 못하고 미끌기만 한다.

벨트콘베아의 전동원통에서 내는 끄는 힘의 크기는 벨트의 당길힘과 포위각 그리고 전동원통과 벨트사이의 마찰곁수에 관계된다.

그러므로 벨트콘베아의 끄는 힘을 크게 하기 위해서는 마찰곁수를 크게 해야 하는데 이를 위하여 벨트의 뒤면을 항상 마르게 하며 전동원통의 걸면에 마찰곁수가 큰 재료를 붙인다.

이러한 재료로서는 고무판, 천, 나무가 좋다.

벨트콘베아운반은 수평에서는 물론 짐을 아래로 운반할 때에는 15°까지, 우로 운반할 때에는 20°까지의 경사에서 쓸수 있다.

그러나 이보다 경사각이 더 크면 짐이 굴러떨어지거나 미끄러진다.

벨트콘베아는 짐을 얼마나 먼거리까지 운반할수 있는가에 따라 단거리벨트콘베아, 중거리벨트콘베아, 장거리벨트콘베아로 나눈다.

단거리벨트콘베아로는 짐을 100m까지, 중거리벨트콘베아로는 100~500m까지, 장거리벨트콘베아로는 500m이상 운반한다.

장거리벨트콘베아는 이처럼 길이가 길기때문에 여러개의 전동구간을 설정하여 짐을 넘겨주는 방식으로 운반한다.

실례로 은률광산에 설치한 대형장거리벨트콘베아의 길이는 로천채굴장으로부터 시작하여 한 전동실까지의 거리가 0.67km, 다른 전동실까지의 거리가 2km나 된다.

벨트콘베아운반은 로천채굴장에서 많이 적용하는 운반형태의 하나로서 련속굴착설비들과 결합하여 단일한 운반계통을 이루거나 다른 수단과 결합하여 사용하기도 한다.

벨트콘베아운반은 다른 운반수단에 비하여 운반속도가 빠르고 짐을 련속적으로 운반하기때문에 생산성이 높다.

최근에는 수명이 긴 고속로라들을 받아들여 벨트의 속도를 5~6m/s 지어 11m/s까지 높이고있다.

벨트콘베아운반은 또한 구조가 간단하고 작업에서 믿음성이 있으며 고장이 적으면서도 고장이 나면 인차 고칠수 있다.

그러므로 벨트콘베아의 적용범위는 계속 넓어지고있다.

3) 쇠바줄운반

깊은 로천채굴장에서 지표수준까지 자동차 혹은 철길운반으로만 짐을 운반하는것은 불합리하다.

이런 경우에 보통 쇠바줄운반과 결합하여 적용하는것이 좋다.

쇠바줄운반의 일반적인 우점은 다른 운반형태에 비하여 큰 구배를 극복할수 있는것이다.

로천채굴장에서 적용되는 쇠바줄운반에는 스키프운반, 케이지운반, 코스운반, 삭도운반이 있다.

삭도운반은 3화수송의 중요한 수송부분으로서 탑우에 늘인 쇠바줄에 운반용기인 삭도바가지를 걸어서 여러가지 짐을 련속적으로 운반하는 운반방법이다.

삭도운반은 지형이 복잡한 조건에서도 운반을 원만히 보장할수 있다. 또한 계절적인 영향을 적게 받으며 운영비도 적다.

광산과 탄광들에서는 삭도로 광석과 석탄을 지표에 있는 저광사나 저탄사로부터 선광장이나 선탄장까지 그리고 여기로부터 철도역까지 운반하거나 직접 소비지까지 운반한다.

최근에는 버럭을 운반하는데도 쓰고있다.

로천채굴장에서 삭도운반은 채굴장의 작업수준으로부터 변두리의 작업수준으로 짐을 운반하거나 도로가 없는 로천광산의 개발에 적용되고있다.

삭도를 쇠바줄의 수에 따라 외줄삭도와 쌍줄삭도로 나눈다.

외줄삭도란 삭도탑에 한개의 쇠바줄을 늘이고 거기에 삭도바가지를 달아서 짐을 실어 운반하는 삭도를 말한다.

쌍줄삭도란 두개의 쇠바줄을 늘이되 한줄은 삭도탑에 고정시켜 삭도바가지에 있는 바퀴가 굴러가기만 하고 다른 한줄은 삭도바가지를 끌고가게 한 삭도를 말한다.

삭도운반시설은 크게 삭도탑, 쇠바줄, 삭도바가지, 적재 및 적하장치, 전동장치 등으로 되여있다.

그림 2-20에 외줄삭도의 한 형태를 보여주었다.

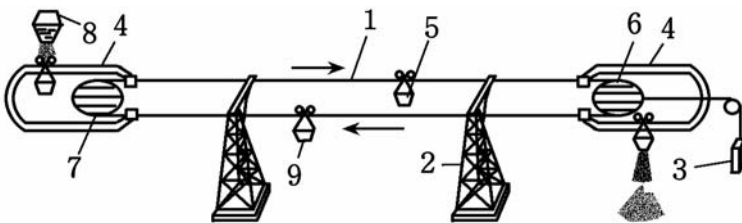



그림 2-20. 외줄삭도

1-쇠바줄, 2-삭도탑, 3-쇠바줄당김추, 4-길잡이레루, 5-짐이 실린 삭도바가지, 6-당김도르래, 7-전동도르래, 8-저광사, 9-빈 삭도바가지

삭도탑은 쇠바줄을 받들어주며 그 높이와 궤간(두 쇠바줄사이의 거리)을 보장하여준다.

삭도탑에는 철탑, 나무탑, 철근콩크리트탑이 있다.

철로 만든 철탑을 그림 2-21에 주었다.

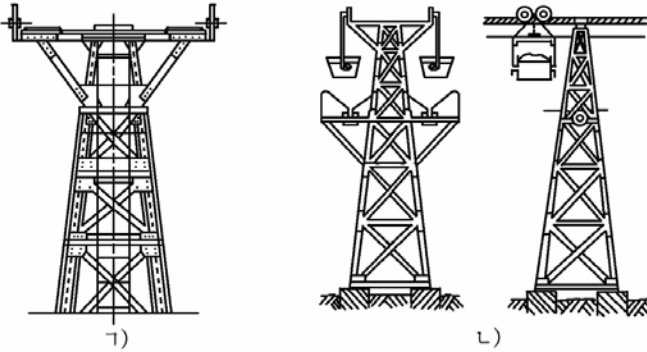



그림 2-21. 철삭도탑

ㄱ-외줄삭도용, ㄴ-쌍줄삭도용

철탑은 형태에 따라 문형탑, 각추형탑, 쌍기둥탑으로 나눈다.

그림에 준 삭도탑은 각추형탑인데 이것은 쌍줄삭도와 외줄삭도에다 쓴다.

탑의 높이는 보통 10~30m로 하며 특수한 지형조건에서는 50~100m로 한다.

탑사이의 거리는 쇠바줄의 가장 큰 처짐과 지형조건을 고려하여 100~150m, 최대로는 1 000m까지 할수 있다.

철탑은 사용기간이 30년이상이거나 높이가 30m이상인 때 쓴다.

나무탑은 그 높이가 보통 5~25m, 최대로 40~45m까지이다.

규모가 작은 외줄삭도에서는 흔히 나무탑을 쓴다.

삭도형나무탑의 우점은 귀중한 강재를 쓰지 않고도 건설할수 있으며 건설속도가 빠른것이다.

또한 나무의 부식을 방지하기 위해 방부제를 칠하면 탑의 사용기간을 10년이상으로 늘일수 있으므로 림시삭도뿐아니라 고정삭도시설에서도 쓸수 있다는것이다.

철근콩크리트탑의 높이는 탑자체가 무겁고 운반하기가 힘들기때문에 보통 5~20m에서 취한다.

이 탑은 주로 산악지대에서 쓴다.

강재나 나무를 절약할수 있고 큰 짐을 받을수 있으나 탑의 제무게가 무겁고 일체식으로 시공하는 경우에 자재운반조건을 고려해야 하는것이 결함이다.

삭도바가지는 짐을 싣는 용기로서 바퀴가 2개인것과 4개인것으로 되여있다.

그림 2-22에 쌍줄삭도에서 쓰는 바퀴가 4개인 삭도바가지를 주었다.

바퀴가 2개인 바가지는 용적이 보통 0.5~1m^3로서 생산성이 70t/h인 삭도에 쓰며 바퀴가 4개인 바가지는 용적이 0.5~1.75m^3로서 생산성이 70t/h이상인 삭도에서 쓴다.

그림 2-22. 삭도바가지

쇠바줄은 삭도에서 바가지를 지지하여주는 지지바줄로, 바가지를 끄는 끌바줄로 쓰인다.

삭도전동장치는 틀에 설치된 전동도르래, 길잡이도르래, 축, 축받치개, 제동기, 감속기, 피대바퀴로 이루어져있다.

외줄삭도의 작용원리는 다음과 같다.

이 삭도는 전동도르래(마찰도르래)와 쇠바줄사이에서 생기는 마찰력에 의하여 돌아간다.

전동장치에 있는 전동기를 돌리면 끌쇠바줄이 감겨져있는 전동원통이 돌아간다.

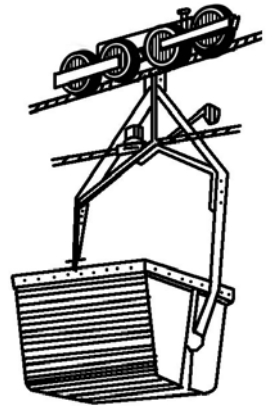
이때 광석을 실은 삭도바가지는 길잡이레루를 따라 움직이다가 적재장의 입구에 설치되여있는 끌쇠바줄을 잡기 위한 여닫는 장치에 의하여 끌쇠바줄을 잡는 동시에 길잡이레루로부터 길쇠바줄에로 넘어가 적하장까지 이동된다.

적하장입구까지 이동된 바가지는 그곳에 설치된 끌쇠바줄에서 떨어지면서 길잡이레루를 따라 일정한 곳에 가서 짐을 부리운다.

빈 바가지는 짐이 실린 바가지와 같은 공정을 거쳐 적하장에서 적재장으로 이동된다.

이와 같은 공정이 련속적으로 반복되면서 짐을 실어나른다.

외줄삭도에서는 쇠바줄이 길쇠바줄과 끌쇠바줄의 사명을 수행하기때문에 바가지가 쇠바줄에 매달린 상태에서 이동된다.

그러므로 외줄삭도는 운반량이 비교적 적고 지형조건이 복잡한 곳

에서도 받아들일수 있다.

외줄삭도는 쌍줄삭도에 비하여 구조가 간단하므로 건설비가 적게 든다. 그러나 생산성이 낮다.

4) 관수송

관수송은 3화수송의 중요한 수송부문으로서 수송관을 통해 흐르는 물이나 공기의 운동에네르기를 리용하여 광석이나 석탄을 비롯한 알갱이짐을 운반하는 방법이다.

특히 관수송은 광산과 탄광들에서 광석과 석탄을 소비지까지 직접 운반할수 있는 좋은 방법이다.

오늘 우리 나라에서는 무산-청진사이의 98km 구간에 장거리정광수송선을 건설하여 철도를 리용하지 않고도 많은 량의 철정광을 운반하고있다.

관수송은 비교적 높은 속도로 이동하는 물 또는 공기에네르기를 운반하려는 짐알갱이에 전달하는데 기초하고있기때문에 관수송에는 어디까지나 어떻게 하면 적은 에네르기로 더 빨리 더 많은 짐을 운반하겠는가 하는 문제가 제기된다.

그러므로 관수송에서는 에네르기가 최소로 되는 흐름속도를 결정하여야 한다. 다시말하여 흐름속에서 고체알갱이가 수력관의 바닥에 가라앉지 않고 이동되는 속도를 결정하여야 한다.

이러한 속도를 한계속도 또는 림계속도라고 한다.

일반적으로 직경이 150~500mm인 관으로 크기가 5mm정도인 알갱이를 운반하려면 류체의 속도를 3~4.5m/s로 하는것이 좋다.

흐르는 물에서 알갱이가 뜨게 되는것은 알갱이의 수력학적크기보다 흐르는 물이 알갱이에 주는 수직성분들의 힘이 더 크기때문이다.

수력학적크기라는것은 잔잔한 물속에서 일정한 크기의 고체알갱이가 자유로이 등속락하운동하는 속도를 말한다.

그러므로 관수송에서는 물의 흐름속도를 수력학적크기보다 크게 하여야 한다. 이렇게 되면 관에서 알갱이가 가라앉지 않고 류체와 같이 이동하게 된다.

관수송은 운반계통이 간단하고 설비의 기본투자와 운반비가 작으면서도 많은 량의 짐을 련속적으로 운반할수 있다.

그러므로 운반비용이 철도수송에 비하여 20~30%밖에 들지 않는다.

관수송은 리용하는 류체의 종류에 따라 수력관수송과 압축공기력관

수송으로 나누는데 많이 쓰고있는것은 수력관수송이다.

수력관수송에는 구배에 의하여 자체로 흐르는 자체흐름수송과 강제흐름수송이 있는데 주로 강제흐름수송을 하고있다.

수력관수송설비는 크게 관수송뽐프, 수력관수송급광기, 수송관으로 되여있다. 뽐프는 높은 압력에 견디여야 하며 알갱이에 대한 마찰, 마모에 견딜수 있는 재질과 구조를 가져야 한다.

그리고 작업의 믿음성이 있고 운영하기가 쉬워야 한다.

그림 2-23에는 어느 한 광산에서 정광을 장거리수송하는 계통도를 주었다.

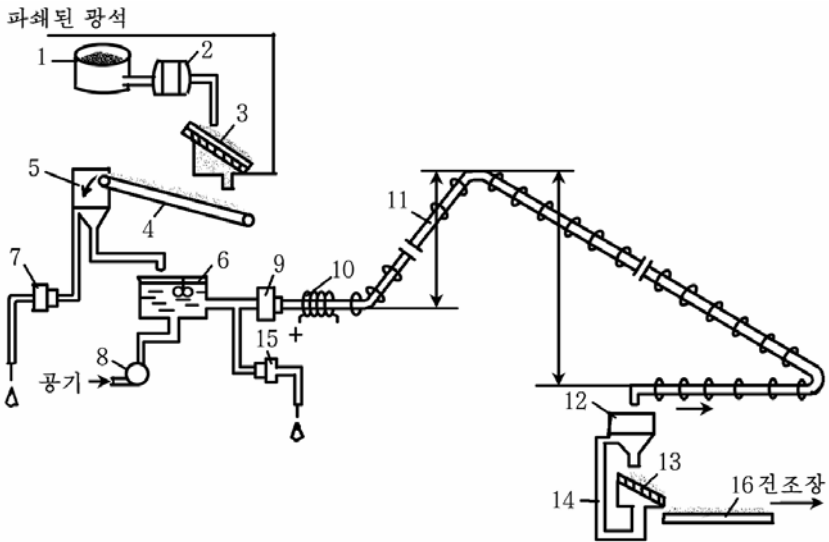



그림 2-23. 장거리관수송계통도

1-광석받이통, 2-파쇄기, 3-사별채, 4-운반용벨트콘베아, 5-혼합통, 6-저장통, 7-혼합통에 물을 보내는 뽐프, 8-저장통에 압축공기를 보내주기 위한 압축기, 9-광액수송뽐프, 10-탈자기, 11-광액수송관, 12-광액앙금통, 13-탈수채, 14-배수관, 15-뽐프, 16-정광운반콘베아

채굴장에서 채굴하는 광석은 파쇄기로 파쇄하여 광석받이통에 저장한다. 여기서 나온 광석은 혼합통에 들어가며 큰 덩어리는 다시 파쇄한다. 혼합통에서 물과 정광이 일정한 비률로 혼합되여 저장통으로 들어간다. 저장통에서는 혼합물의 앙금을 막기 위하여 나비형날개로 된 젓개로 혼합물을 부단히 저어주면서 압축공기를 쏴넣어준다.

뽐프로 혼합물을 수송관으로 보낸다.

수송관으로 운반된 물혼합물은 앙금통으로 들어가서 물과 갈라져 제철공정에로 운반된다.

4. 버럭퇴적작업

버럭퇴적작업은 로천채굴장에서 버럭처리작업의 마지막공정으로서 이 작업은 국토관리의 견지에서도 중요하다. 그러므로 로천채굴을 할 때부터 버럭처리장을 잘 설정함으로써 로천채굴이 끝난 다음에도 버럭퇴적장의 토지를 리용할수 있게 하여야 한다.

버럭퇴적장은 로천채굴장을 운영하는 전기간 운영할수 있어야 하며 될수록 가까와야 한다. 그리고 될수록 농경지를 침범하지 말아야 한다.

버럭퇴적작업방법에는 불도젤에 의한 버럭퇴적, 굴착기에 의한 버럭퇴적, 벨트콘베아에 의한 버럭퇴적 등이 있다. 버럭퇴적장에서는 자동차로 운반하여 부리운 버럭을 주로 불도젤로 쌓는다.

불도젤을 쓰는 버럭퇴적장에서 버럭을 쌓는 방법에는 버럭퇴적연선을 넓혀나가면서 쌓는 방법과 버럭퇴적장우에 버럭을 덧쌓아 높이를 높이면서 쌓는 방법이 있다.

여기서 첫째 방법은 버럭퇴적장의 면적이 제한되지 않는 경우에 적용하며 둘째 방법은 평지대에서 적용한다.

불도젤을 쓰는 버럭퇴적장의 높이는 지형조건, 버럭의 력학적성질, 지반의 특성에 관계되는데 보통 평지대에서는 30~40m로부터 70~80m까지, 산경사지에서는 100m이상으로도 할수 있다.

버럭을 자동차로 운반할 때 불도젤에 의한 버럭퇴적작업은 버럭부리우기, 불도젤에 의한 버럭의 정리 그리고 자동차도로수리의 3개 공정으로 한다.

부림작업은 안전공학상견지에서 볼 때 버럭퇴적장의 상부연선으로부터 경사면의 견고성에 따라 2~3m 앞에서 진행한다.

굴착기에 의한 버럭퇴적방법은 흔히 철길로 버럭을 운반하는 경우에 적용한다. 이때 굴착기는 철길보다 4~5m 낮은 곳에 배치하고 부린 버럭을 아래수준이나 웃수준에 쌓는다.

콘베아를 장비한 버럭퇴적기는 이동식벨트콘베아와 결합한 연약한 암석을 퇴적하는데 리용하며 무산광산이나 은률광산에서와 같이 발파된 암석을 버럭퇴적장까지 장거리벨트콘베아로 운반하여 자행식콘베아퇴적기로 쌓는데서도 적용한다.

버럭퇴적벨트콘베아로 버럭을 쌓을 때의 퇴적높이는 경사면의 안정성과 안전경사각에 관계된다.

제4절. 로천채굴법

로천채굴에서 기본작업은 광석채굴작업과 박토처리작업이다.

로천채굴작업에서 박토처리작업은 품이 많이 드는 작업인데 보통 박토처리량은 광석처리량의 몇배에 해당된다.

따라서 로천채굴법은 박토처리방법을 기준으로 분류하고있다.

즉 버럭을 캔 자리에 쌓는 방법과 버럭을 운반하는 방법이 있다.

1. 버럭을 캔 자리에 쌓는 채굴법

이 채굴법은 버럭을 굴착하여 채굴공간에 옮겨쌓기때문에 버럭을 실어나르는 독립적인 운반수단이 필요없다.

이 채굴법은 광체의 경사각이 10°이하인 수평 및 완경사광체나 석탄층을 채굴할 때 적용하며 다른 채굴법에 비하여 로동생산성이 높고 경제적이다.

버럭을 옮겨쌓는 채굴법은 굴착기의 형태와 박토계단에서 굴착기가 놓이는 위치에 따라 여러가지 방법이 있을수 있다.

그림 2-24에는 탄층을 덮고있는 박토층을 하나의 박토계단으로 만들고 앞면삽굴착기로 버럭을 굴착하여 직접 채굴공간에 옮겨쌓는 채굴법을 주었다.

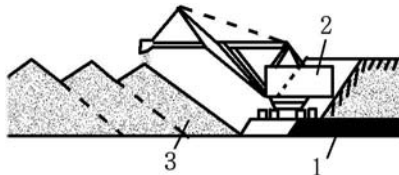



그림 2-24. 버럭을 캔 자리에 쌓는 채굴법

1-탄층, 2-굴착기, 3-내부박토

이 채굴법의 중요특징은 채굴장의 깊이가 변하지 않는것이다.

박토처리작업에 의하여 드러난 광석층이나 석탄층은 일정한 높이의 계단을 만들고 굴착기로 파서 자동차를 비롯한 운반설비에 실어보낸다. 만일 광석이나 암석이 굳을 때에는 착정기와 같은 천공설비로 발파구멍을 뚫고 발파하여 굴착기로 실으며 굳지 않을 때에는 그냥 파서 싣는다.

우리 나라 금야청년탄광이 바로 이러한 채굴법으로 석탄을 캐는

탄광인데 박토작업은 끌개삽굴착기로 하고 채굴작업은 앞면삽굴착기로 한다.

2. 버력을 운반하는 채굴법

버력을 운반하는 채굴법은 버력을 운반설비에 실어서 퇴적장으로 운반하는 채굴법이다.

이 채굴법은 임의의 지형지질조건에서도 적용할수 있다.

이 채굴법에서는 채굴작업이 진행됨에 따라 채굴깊이가 깊어지면서 채굴장의 위치가 아래로 내려가는것이 특징이다.(그림 2-25)

박토단계에서 나오는 버력은 자동차나 콘베아로 운반하며 채굴단계에서 나오는 광석이나 석탄은 굴착기로 파서 자동차에 실어 저광사에 보낸다.

그림 2-25. 버력을 운반하는 채굴법
1-운반길, 2-버력퇴적장

우리 나라 로천채굴장에서는 대부분 이 채굴법을 쓰고있다.

이 방법은 버력을 채굴공간에 쌓는 채굴법과는 달리 박토처리작업과 채굴작업이 밀접한 련관속에서 진행되지 않기때문에 박토처리를 채굴작업에 훨씬 앞세울수 있다.

버력을 운반하는 채굴법에는 버력을 운반하는 운반수단에 따라 자동차로 운반하는 채굴법, 철길로 운반하는 채굴법, 콘베아로 운반하는 채굴법이 있다.

버력을 자동차로 운반하는 채굴법은 버력을 굴착기로 자동차에 실어 버력퇴적장까지 운반하며 버력퇴적작업은 불도젤로 한다.

이 채굴법은 버력퇴적장까지의 거리가 멀지 않고 지형 및 지질조건이 복잡한 로천채굴장에서 널리 적용되고있다.

버력을 콘베아로 운반하는 채굴법은 앞면삽굴착기와 끌개삽굴착기 또는 여러삽굴착기로 버력을 굴착하여 벨트콘베아로 버력퇴적장까지 운반하며 거기에는 콘베아버력퇴적기로 쌓는다.

일반적으로 이 채굴법은 연약한 암석을 처리할 때 적용하여왔다.

그러나 최근에는 굳은 암석에서도 발파방법을 개선하거나 막장에 이동식파쇄기를 설치하여 버력을 400mm이하로 파쇄한 다음 콘베아로 실어나른다.

제3장. 지하채굴

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 채취공업에서 일대 혁명을 일으켜야 하며 광석을 다량채굴하고 다량처리하는 방법으로 넘어가야 합니다.》

채취공업에서 일대 혁명을 일으켜 광석을 다량채굴하고 다량처리하는것은 빨리 발전하는 우리 나라 인민경제발전의 필수적요구이다.

이러한 우리 나라 현실발전의 요구에 맞게 광석과 석탄생산을 대대적으로 늘이기 위하여서는 품위 높은 광석이나 캐기 좋은 탄층만 골라가면서 손쉽게 캐낼것이 아니라 품위가 낮고 캐기 불리한 광석이나 석탄까지도 모조리 캐내여 다량처리하여야 한다.

광석과 석탄을 다량채굴하기 위하여서는 주어진 조건에 맞는 합리적인 개발과 채굴공정들을 설계할뿐아니라 대형화되고 현대화, 고속도화된 설비들을 적극 받아들이는것이다.

제1절. 일반적개념

1. 갱구역의 분할

광상이나 탄밭은 그 크기가 서로 다를뿐아니라 그 생김새, 특징도 서로 다르다. 이때 한개 광산이나 탄광이 맡아서 채굴하는 구역을 광산구역 즉 광구라고 한다.

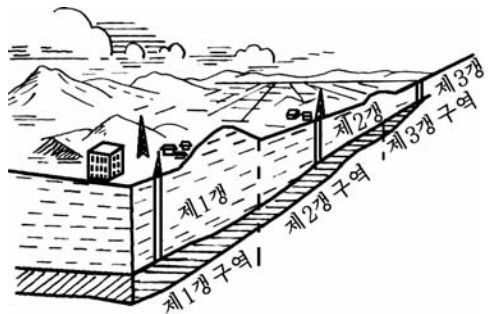
광구를 다시 캐기 편리하게 몇개의 구역으로 나누는데 그것을 갱구역이라고 한다. 다시말하여 갱구역은 매개의 갱이 담당하여 캐는 구역을 말한다.(그림 3-1)

갱은 광산이나 탄광에서 기본생산단위이다.

일반적으로 갱은 독립적인 생산체계를 이루고있다.

다시말하여 광석과 석탄은 갱을 단위로 하여 생산되며 갱을 단위로 하여 운반, 배수, 통기 그리고 동력공급이 진행되고있다.

그림 3-1. 광구를 갱구역으로 나누기

그러므로 광석과 석탄을 많이 캐내기 위하여서는 갱을 강화하여야 한다.

그런데 한개의 갱이 담당하여 캐는 갱구역의 주향길이는 흔히 수천 m에 이르고있다. 그러므로 갱구역은 다시 캐기 편리하게 적당한 크기의 구역으로 나누게 된다.

갱구역을 나누는 방법에는 광체나 탄층의 생김새와 지형조건에 따라서 두가지 방법 즉 층단식으로 나누는 방법과 구획식으로 나누는 방법이 있다.

1) 층단식분할

그림 3-2에서 직4각형 1 2 3 4를 한개의 갱구역이라고 할 때 1-2 또는 3-4방향은 주향이고 1-3 또는 2-4방향은 경사방향이 된다.

이때 갱구역을 일정한 수준 즉 5, 6과 7, 8과 같이 갱구역의 주향에 수평이 되게 나눈 부분을 층단이라고 한다.

그리고 제일 우에 있는 층단으로부터 세여서 아래로 내려가면서 번호를 붙이면 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ가 되는데 이 부분들은 모두 층단들이다.

층단의 수직높이는 20~30m로 한다.

광석이나 석탄은 이 층단의 번호대로 내려가면서 캔다.

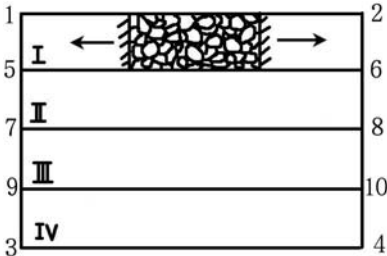



그림 3-2. 갱구역의 층단식분할

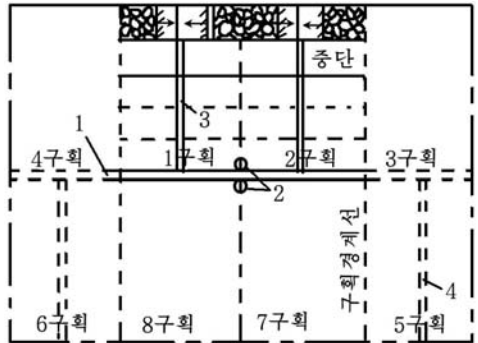



그림 3-3. 갱구역의 구획식분할
1-집중운반연층갱도, 2-수직갱,
3-오름갱도, 4-내림갱도

2) 구획식분할

구획식분할은 층단식분할방법과는 달리 갱구역을 주향과 경사방향으로 일정한 크기의 부분으로 나누는 방법이다.(그림 3-3)

즉 갱구역을 경사방향에서 집중운반연층갱도로 크게 2개 부분으로 나누고 그것들을 주향에서 일정한 크기로 나누는데 이때 매 부분을 구획이라고 한다.

이 분할방법은 경사가 완만한 탄층을 수직갱으로 개발하였을 때 쓰인다.

2. 갱도와 갱실

광산과 탄광들에서 채굴작업과 운반작업, 통기, 배수 그리고 동발을 비롯한 기계설비들과 자재의 운반 등 모든 지하작업은 다 갱도를 통하여 진행된다. 그러므로 갱도는 광산과 탄광에서 가장 중요한 기본생산시설이다.

갱도에는 크게 수평갱도, 경사갱도, 수직갱도가 있다.(그림 3-4)

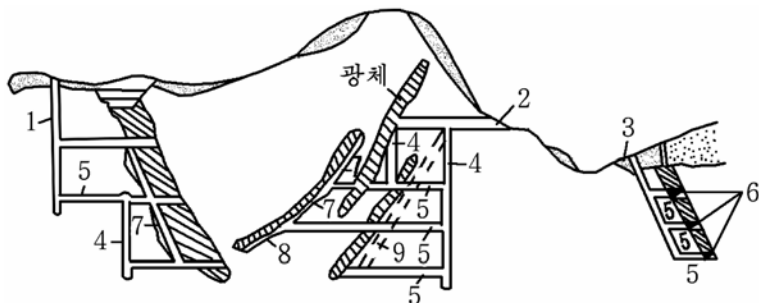



그림 3-4. 갱도의 종류

1-수직갱도, 2-통동갱도, 3-사갱, 4-갱내수직갱도, 5-가새갱도, 6-연층갱도, 7-오름갱도, 8-내림갱도, 9-갱내사갱

1) 수평갱도

수평갱도는 수평으로 뚫은 갱도로서 여기에는 통동갱도, 가새갱도, 연층갱도가 있다.

① 통동갱도

통동갱은 광체나 탄층을 개발하기 위하여 지표로부터 광체나 탄층이 있는 곳까지 수평으로 뚫은 갱도이다.

통동갱의 형태에는 아치형, 원형 그리고 제형이 있는데 여기로는 전차가 광차를 끌고 다니거나 벨트콘베아 또는 자동차로 석탄이나 광석 또는 버럭을 운반한다.

② 가새갱도

가새갱도는 광체나 탄층의 주향방향에 사귀게 뚫은 수평갱도로서 갱도의 입구가 지표에 있는것이 아니라 갱안에 있다.

이 갱도의 사명은 통동갱과 같다. 이 갱도는 독립적으로 있는것이 아니라 다른 갱도와 련결되여있다.

③ 연층갱도

연층갱도는 광체나 탄층의 주향을 따라 뚫은 갱도로서 갱도의 입구가 갱안에 있는 수평갱도이다.

이 갱도는 가새갱도를 비롯한 다른 갱도보다 길이가 긴것이 특징인데 광산이나 탄광에서 길이로 보아 제일 길고 많은것이 연층갱도이다.

2) 경사갱도

경사갱도는 일정한 경사를 지어 뚫은 갱도로서 여기에는 사갱과 갱내사갱, 오름갱도와 내림갱도가 있다.

① 사갱

사갱은 광체나 탄층을 개발하기 위하여 지표로부터 광체나 탄층이 있는 곳까지 경사지게 뚫은 갱도로서 지하철도의 승강기를 놓은 갱도와 같다.

사갱의 형태에는 제형으로부터 원형에 이르기까지 여러가지가 있다.

사갱에서의 운반은 권양기, 콘베아 등으로 한다.

사갱에는 주요사갱과 보조사갱이 있는데 주요사갱으로는 캐낸 석탄이나 광석을 운반하고 보조사갱으로는 사람의 통행, 자재와 설비, 버럭을 운반하며 통기와 배수를 한다.

사갱의 경사각은 20~25°를 넘지 말아야 한다.

② 갱내사갱

갱내에서 뚫은 사갱을 말하는데 그의 사명은 사갱과 같다.

③ 오름갱도와 내림갱도

오름갱도는 갱내에서 올리뚫러 짐을 내리우기 위한 갱도이고 내림갱도는 내리뚫러 짐을 올리기 위한 갱도이다.

오름갱도는 갱도의 사명에 따라서 제무게로 운반할수 있게 뚫을수도 있고 기계로 운반할수 있게 뚫을수도 있다.

3) 수직갱도

수직갱도는 수직으로 곧추 내리뚫은 갱도로서 여기에는 수직갱, 갱내수직갱들이 있다.

① 수직갱

수직갱은 광체나 탄층을 개발하기 위하여 지표로부터 광체 또는 탄층이 있는 곳까지 수직으로 곧추 내리뚫은 갱도이다.

수직갱에는 주요수직갱과 보조수직갱이 있다.

주요수직갱으로는 캐낸 광석이나 석탄을 운반하는데 여기에는 스키프가 설치되여있다.

그리고 보조수직갱으로는 사람, 자재, 설비, 버럭을 운반하는데 여기에는 우리가 고층건물에서 타고다니는 승강기와 같은 케이지가 설치되여있다.

수직갱의 형태는 직4각형과 원형으로 한다.

② 갱내수직갱

깊은 수준의 광체나 탄층을 개발하기 위하여 갱내에서 뚫은 수직갱도이다.

이 갱도의 사명과 구조는 수직갱과 같다.

③ 락광정

락광정은 웃수준에서 채굴한 광석을 아래수준으로 떨구기 위한 작은 형태의 사갱이나 수직갱이다.

흔히 락광정에는 특별한 설비를 설치하지 않고 웃수준에서 떨군 광석을 아래수준에서 받았다가 광차나 콘베아에 실어주기 위한 장치가 설치된다.

4) 갱실

갱실은 가로자름면이 큰데 비하여 갱도의 길이가 짧은 갱도 즉 방모양의 지하구조물인데 여기에는 설비를 설치하든가 설비, 자재를 보관한다. 갱내에 있는 권양기장, 뽐프장, 압축기장, 화약고, 변전소, 휴계실 등은 갱실이다.

5) 중계장

중계장은 수직갱이나 사갱과 같은 개발갱도를 일정한 수준에서 가새갱도나 연층갱도와 련결시키는 곳으로서 여기서는 광석이나 석탄을 갱내에서 지표로 내보내거나 자재나 설비들을 지표에서 갱내에로 들여보내는 역할을 한다.

중계장에는 여러가지 형태의 갱실과 선로 그리고 운반시설들이 있다.

제2절. 지하개발

지하개발은 지표로부터 광체나 탄층이 있는 곳까지 가닿기 위한 길을 내는 작업이다. 그러므로 지하개발법에는 이러한 길을 어떤 개발갱도를 뚫고 들어가면서 내는가에 따라 통동갱개발법, 수직갱개발법, 사갱개발법, 련합식개발법이 있다.

1. 통동갱개발법

이 개발법은 주요개발갱도로 통동갱을 뚫어서 개발하는 방법으로서 주로 산악지대에서 일반지표수준의 웃부분에 광석이 많이 있을때에만 적용한다.(그림 3-5)

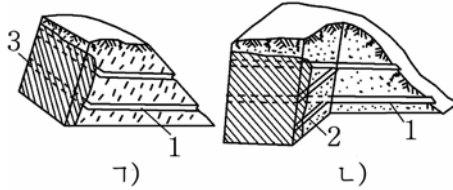



그림 3-5. 통동갱개발법
1-통동갱, 2-가새갱도, 3-연층갱도

통동갱개발법에서는 그림 3-5의 ㄱ)에서처럼 통동갱을 주향과 마주치는 방향으로 뚫을수도 있고 그림 ㄴ)에서처럼 주향을 따라 뚫을수도 있다.

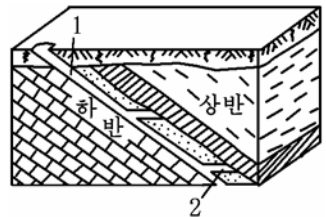
개발법은 갱도를 뚫기가 쉽고 운반하기 편리하며 특별한 배수시설이 필요없기때문에 산악지대의 무연탄광개발에 널리 쓰인다.

2. 사갱개발법

이 개발법은 주요개발갱도로 2개이상의 사갱을 뚫어서 개발하는 방법으로서 여기서는 지표로부터 사갱을 뚫고들어가다가 일정한 사이를 두고 가새갱도를 뚫어서 광체나 탄층이 있는 곳까지 가닿는다.(그림 3-6)

이 개발법에서 사갱은 광체와 탄층속이나 하반속에 뚫을수 있는데 사갱과 광체나 탄층사이의 거리는 보통 20~40m 정도로 한다.

그림 3-6. 사갱개발법
1-사갱, 2-가새갱도

사갱개발법은 사갱의 길이가 길어질수록 갱도를 유지하기가 힘들고 짐을 운반하기도 불리하기때문에 경사가 완만하며 지표로부터 비교적 얕은 곳에 묻혀있는 탄층을 개발할 때에 주로 적용하여왔다.

그러나 벨트콘베아운반이 도입되면서부터 널리 적용되고있다.

3. 수직갱개발

이 개발법은 주요 개발갱도로 수직갱을 뚫어서 개발하는 방법이다.(그림 3-7)

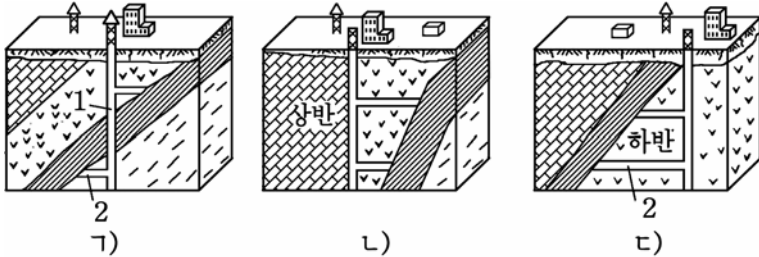



그림 3-7. 수직갱개발법
1-수직갱, 2-가새갱도

땅속깊이 묻혀있거나 경사가 급하게 놓여있는 광체나 탄층을 사갱으로 뚫고들어가서 캐내자면 갱도의 길이가 길어질뿐아니라 캐낸 광석이나 석탄을 갱밖으로 내오자고 해도 대단히 큰 권양기를 놓아야 하는 등 불편한 점들이 많다.

이러한 결함을 없애기 위하여 수직갱으로 개발하는 방법이 나오게 되였다.

따라서 이 개발법은 광체나 탄층이 깊은 곳에 있을 때 적용한다.

이 개발법에서는 수직갱으로 땅속깊이까지 들어간 다음 중계장을 만들고 여기로부터 옆으로 가새갱도와 연층갱도들을 뚫어서 광체나 탄층이 있는 곳까지 가닿는다.

이때 수직갱은 그림 3-7의 ㄱ)와 같이 광체나 탄층을 관통하게 뚫거나 그림의 ㄷ)와 같이 하반에만 뚫는다.

특수한 경우에는 그림의 ㄴ)와 같이 상반에다 뚫을수도 있다.

수직갱개발법은 사갱개발법에 비하여 개발갱도의 길이가 짧고 갱도를 유지하는데 드는 비용도 훨씬 적으며 운반속도도 높은 우점이 있지만 건설기간이 오래고 수직갱을 건설하는데 많은 비용이 드는 등의 결함이 있다.

4. 련합식개발법

광체나 탄층은 대체로 땅속에 단순하게 놓여있는 경우에는 드물고 대단히 복잡하게 놓여있다.

그러므로 우에서 본 어느 한가지 개발방법만으로 광산과 탄광을 건설하기가 힘들다.

련합식개발법은 우에서 본 개발법들을 결합한 방법으로서 여기서는 통동갱과 갱내수직갱 또는 갱내사갱을 결합할수도 있으며 수직갱과 갱내수직갱 또는 갱내사갱을 결합할수도 있다.

통동갱과 갱내수직갱 또는 갱내사갱을 결합한 련합식개발법에서는 그림 3-8에서 보는바와 같이 통동갱의 우에 있는 광체나 탄층은 수준별로 통동갱을 뚫어서 개발하고 아래에 있는 광체나 탄층은 갱내수직갱이나 갱내사갱을 뚫어서 개발한다.

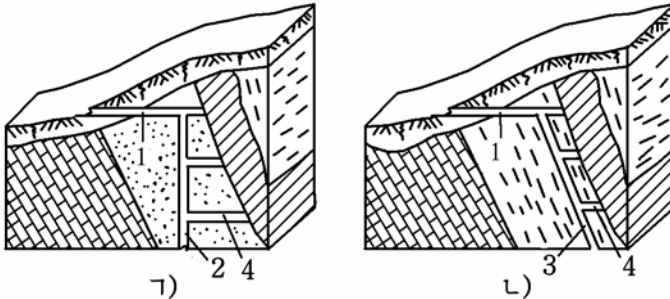



그림 3-8. 통동갱과 갱내수직갱 또는 갱내사갱을 결합한 련합식개발법
ㄱ-통동갱과 갱내수직갱을 결합한 경우, ㄴ-통동갱과 갱내사갱을 결합한 경우;
1-통동갱, 2-갱내수직갱, 3-갱내사갱, 4-가새갱도

우리 나라의 무연탄광들은 대부분 산악지대에 있기때문에 통동갱과 갱내사갱으로 개발하였다.

수직갱과 갱내수직갱 또는 갱내사갱을 결합한 련합식개발방법에서는 처음에 수직갱으로 개발하였다가 가새갱도의 길이를 줄일 필요가 제기되거나 채굴깊이가 지나치게 깊어지면 갱내수직갱이나 갱내사갱으로 개발한다.(그림 3-9)

사갱과 갱내수직갱 또는 갱내사갱을 결합한 련합식개발법에서는 먼저 웃수준을 사갱으로 개발하고 뒤이어 갱내수직갱이나 갱내사갱으로 개발한다.

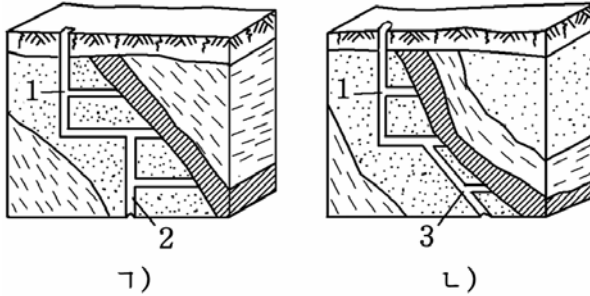



그림 3-9. 수직갱과 갱내수직갱 또는 갱내사갱을 결합한 련합식개발법
ㄱ-수직갱과 갱내수직갱을 결합한 경우, ㄴ-수직갱과 갱내사갱을 결합한 경우; 1-수직갱, 2-갱내수직갱, 3-갱내사갱

참고자료

반드시 쌍을 지어 건설해야 하는 개발갱도

광상이나 탄상을 개발할 때 지표로부터 뚫는 기본갱도는 반드시 쌍을 지어 건설한다. 이러한 원칙은 수직갱이든 사갱이든 통동갱이든 관계없이 다 적용한다. 현장에서는 이렇게 건설된 두 갱도중 하나는 《본선》, 다른 하나는 《연선》이라고 한다.

그러면 왜 개발갱도는 쌍을 지어 건설해야 하는가?

그것은 우선 통풍을 위하여 필요하다. 갱내작업장들에 신선한 공기가 공급되자면 공기가 들어가는 통로와 나오는 통로가 있어야 하는데 그때문에 개발갱도가 쌍으로 건설되게 된다.

다음으로 그것은 로동의 안전을 위해서이다. 만일의 경우에 외통굴이 막히면 갱안에서 일하던 사람들이 외부와 차단될수 있다. 그러므로 지하에 외통굴을 배치하는것은 로동안전규정상 원칙적으로 허용되지 않는다.

또한 갱내채굴작업을 원만히 보장하기 위해서이다.

갱내에서 채굴을 진행하자면 유용광물과 버럭을 밖으로 끌어내고 설비와 자재들은 갱안으로 운반해야 하며 사람들의 통행을 보장해야 한다. 그러므로 갱도를 쌍으로 배치하여 한쪽으로 채굴된 유용광물운반과 사람들의 통행을 보장하고 다른쪽으로 버럭과 설비, 자재를 실어나르면 채굴작업을 원만히 보장할수 있다.

제3절. 갱도굴진

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《굴진을 앞세우는것은 채취공업에서 하나의 법칙입니다.》

광산이나 탄광을 개발하고 거기에서 광석이나 석탄을 캐내기 위한 준비작업은 모두 갱도를 뚫는 작업이다.

그러므로 광산과 탄광들에서 광석과 석탄생산을 정상화하려면 기본굴진은 3년분, 준비굴진은 6개월분이상 생산에 앞세워야 한다.

1. 수평갱도굴진

광산과 탄광들에서 제일 많이 뚫는 갱도는 수평갱도이다.

갱도를 굴진하기 위하여서는 먼저 갱도의 형태와 자름면적을 결정하여야 한다.

수평갱도자름면의 형태는 암석의 성질에 따라 직4각형, 제형, 원형, 아치형으로 한다.

일반적으로 암석이 연약할수록 원형에 가깝게 하며 굳을수록 직4각형에 가깝게 한다.

갱도의 자름면적의 크기는 갱도의 사명, 운반수단의 크기 그리고 안전규정에 준하여 정한다.

안전규정에는 탄광에서 갱도의 최소자름면적의 크기는 3.7m^{2}이고 최소높이는 1.8m이며 광산에서 최소자름면적은 3m^{2}이고 최소높이는 1.5m로 설정되여있다.

수평갱도는 암석의 세기에 따라 천공발파의 방법으로 뚫거나 종합굴진기로 뚫는다.

천공발파에 의한 수평갱도굴진은 발파구멍의 천공작업, 발파작업, 막장통기작업, 버럭처리작업, 동발들이기작업의 순차로 한다.

1) 천공작업

암석이나 광석 및 석탄속에 발파구멍을 뚫는 작업을 천공작업이라고 하는데 발파구멍은 전기드릴이나 착암기와 같은 천공기계로 뚫는다.

① 전기드릴

전기드릴은 탄광에서 세기결수가 5이하인 갈탄이나 무연탄 그리고 연약한 암석속에 발파구멍을 뚫는 천공기계로서 크게 본체, 정받개, 케블, 손잡이로 되여있다.(그림 3-10)

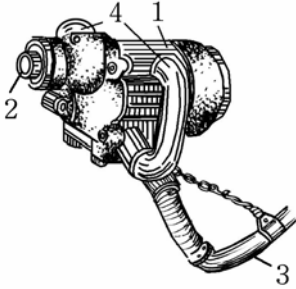



그림 3-10. 수동식전기드릴

1-본체, 2-정받개,
3-케블선, 4-손잡이

그림 3-11. 라선형정

1-정날, 2-정대, 3-정끄리

본체의 안에는 전동기, 치차, 주축이 들어있으며 정받개에는 라선형으로 되여있는 정이 꽂힌다.(그림 3-11)

라선형정대의 끝에는 대단히 굳은 경질합금을 붙인 예리한 정날이 붙어있는데 이것이 구멍을 뚫는다.

정대는 라선으로 되여있기때문에 구멍을 뚫을 때 생기는 석탄이나 돌가루가 정대의 라선을 따라서 밖으로 나온다.

그림 3-12에서 보는바와 같이 손잡이에 있는 스위치를 눌러 전동기를 돌리면 회전운동이 2단감속장치로 된 치차를 거쳐 주축에 전달된다.

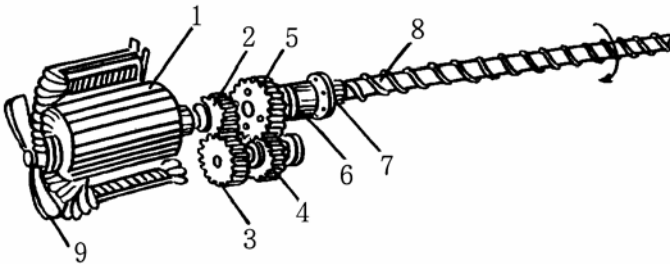



그림 3-12. 수동식전기드릴의 작용원리

1-전동기, 2,3,4,5-치차, 6-정받개, 7-정끄리, 8-정대, 9-선풍날개

주축이 회전하면 정받개가 거기에 꽂혀있는 라선형정과 함께 돌아간다. 그리하여 암석이나 석탄속에 구멍을 뚫는다. 전기드릴에는 전압이 127V인 교류전류가 쓰인다.

② 착암기

착암기는 전기드릴로 발파구멍을 뚫기 힘든 광석이나 암석속에 구

멍을 뚫는 천공기계로서 주로는 광산이나 도로건설장들에서 많이 쓰고 탄광에서는 갱도를 굴진할 때 쓴다.

착암기에는 쓰이는 동력에 따라 공기식, 전기식, 기관식, 유압식착암기가 있다.

공기식착암기는 압축기에서 생산하여 보내주는 높은 압력의 압축공기로 구멍을 뚫는 천공기계로서 광산에서 제일 많이 쓰고있다.

전기식착암기는 전동기로 타격자를 동작시켜 정대에 타격과 회전을 주어 구멍을 뚫는 기계이며 기관식착암기는 전기가 없는 곳에서 휘발유 또는 디젤유기관을 동력으로 하여 구멍을 뚫는 기계이다.

그리고 유압식착암기는 유압의 힘으로 정대를 타격하여 구멍을 뚫는 기계이다.

우리 나라에서 생산되고있는 대표적인 공기식착암기로는 《희천-5.29》와 《착암-45》 등이다.

공기식착암기 《희천-5.29》는 광산들에서 세기가 보통인 암석속에 수평 또는 경사진 발파구멍을 뚫는 착암기로서 크게 앞머리부, 실린더, 뒤머리부로 되여있다.(그림 3-13)

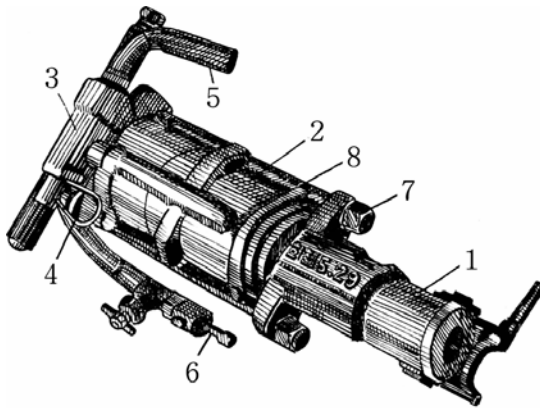



그림 3-13. 공기식착암기 《희천-5.29》

1-앞머리부, 2-실린더, 3-뒤머리부, 4-조절변, 5-공기호스, 6-물호스, 7-나트, 8-볼트

착암기의 모든 부분품들은 앞머리부, 실린더, 뒤머리부들에 들어있으며 이 세 부분은 볼트와 나트로 련결되여있다.

착암기의 앞머리부에는 정끄리를 끼우기 위한 회전토시와 정받개가 달려있고 실린더안에는 타격기구, 회전기구, 공기분배장치가 들어있으며 뒤머리부에는 착암기의 중심을 지나는 물관, 압축공기의 공급을 조절하는 조절변, 손잡이가 있다. 여기에는 공기호스와 물호스가 련결된다.

공기압축기에서 생산된 높은 압력의 공기는 고압호스를 통하여 착암기의 조절변에 공급된다.

착암기로 들어가는 공기량은 이 조절변으로 조절하는데 조절변을 앞으로 밀면 변이 열리면서 압축공기가 들어가 착암기가 동작하고 뒤로 제끼면 변이 닫겨 압축공기가 차단되여 착암기가 멎는다.

이제 착암기가 어떻게 정대를 때려서 구멍을 뚫는가에 대하여 간단히 보기로 하자.(그림 3-14)

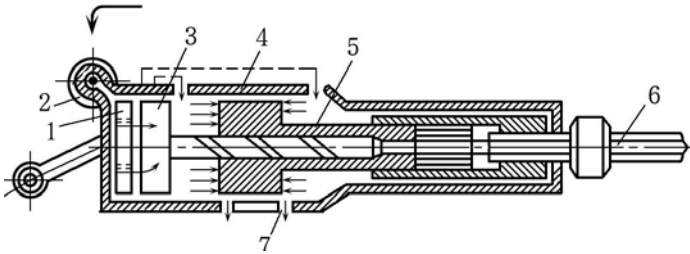



그림 3-14. 공기식착암기의 작용원리

1-회전기구, 2-조절변, 3-공기분배장치, 4-실린더, 5-타격기구, 6-정대, 7-공기구멍

조절변을 앞으로 밀어 변을 열면 압축공기가 공기분배장치로 들어가서 타격기구(피스톤)의 앞부분과 뒤부분에 번갈아 공급된다.

만일 압축공기가 타격기구의 뒤공간(이 공간을 작업행정공간이라고 한다.)에 들어가면 타격기구가 쏜살같이 앞으로 나가면서 회전토시에 끼워져있는 정끄리를 때린다. 이때 생기는 타격힘에 의하여 정머리가 암석을 깬다.

이러한 과정을 작업행정이라고 한다. 이 순간에 작업공간으로 들어가는 공기구멍은 막히고 타격기구의 앞공간(이 공간을 빈행정공간이라고 한다.)으로 들어가는 공기구멍이 열리면서 압축공기가 앞공간으로 들어간다. 이때 타격기구는 압축공기의 압력과 회전기구의 작용에 의해 왼쪽으로 회전하면서 뒤자리로 되돌아온다. 이러한 과정을 빈행정이라고 한다.

작업행정과 빈행정을 마친 공기는 각각 배기구멍을 통하여 밖으로 빠져나간다. 이런 과정을 반복하면서 암석에 구멍을 뚫는다.

그러면 착암기의 정머리가 어떻게 되여 암석속에 원형의 구멍을 뚫는가 하는것이다.

그것은 정머리가 한번 암석을 때리고는 회전하기때문이다.

작업행정을 마친 후 정은 빈행정을 할 때 회전기구의 작용에 의하여 돌아간다.

회전기구는 걸톱바퀴, 라선대, 피스톤대, 회전토시, 정받개로 되여있다.(그림 3-15)

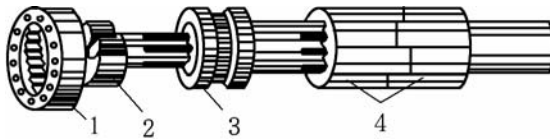



그림 3-15. 정의 회전운동
1-걸톱바퀴, 2-라선대, 3-피스톤대, 4-회전토시

착암기의 본체에 고정되여있는 걸톱바퀴의 안쪽에는 톱날모양의 이발들이 있다.

한편 라선홈이 있는 라선대는 피스톤대에 뚫린 나트에 맞물린다.

라선대의 다른 한끝에는 걸톱이 있으며 이것은 걸톱바퀴에 들어간다.

걸톱은 걸톱바퀴에 있는 톱날형이발에 걸려 라선대를 한쪽 방향으로만 돌아가게 한다.

피스톤대에는 직선홈이 있는데 그것은 정받개와 련결된 회전토시안에 있는 직선홈과 맞물린다.

따라서 피스톤이 돌아가면 회전토시가 돌아가고 회전토시와 련결된 정받개에 꽂은 정이 돌아간다.

피스톤이 앞으로 나갈 때 즉 작업행정때에는 라선대에 있는 걸톱이 걸톱바퀴안에 있는 톱날형이발에 걸리지 않고 미끄러지므로 라선대가 돌아간다.

따라서 피스톤은 직선으로 나가면서 정꼬리를 때린다.

그러나 피스톤이 뒤로 돌 때 다시말하여 비작업행정때에는 걸톱이 걸톱바퀴안에 있는 이발에 걸리므로 라선대는 돌아가지 못한다.

이와 같이 피스톤은 앞으로 나가면서 암석을 때리고 뒤로 들어오면서 정대를 돌리기때문에 구멍은 원형으로 뚫어지게 된다.

착암기는 1min동안에 수천번 정끄리를 때리는데 실례로 《희천-5.29》착암기는 0.5MPa의 공기압력으로 1min동안에 2 400번 정끄리를 때리며 이때 정대의 회전수는 154r/min이다.

착암기에서 쓰는 정은 전기드릴에서 쓰는 정과 같은데 다른 점은 정대가 라선으로 되여있지 않고 속에 구멍이 있는 6각형으로 되여있으면서 정목도리가 있으며 정끄리를 정대에다 꽂았다뽑았다할수 있는 분리정을 쓰는것이다.

공기식착암기 《착암-45》도 구조와 작용원리는 같은데 자동추진장치가 있어 착암기를 자동적으로 밀어주는것이 다르다.(그림 3-16)

그림 3-16. 공기식착암기 《착암-45》
1-착암기, 2-추진기,
3-공기호스, 4-물호스

이 착암기는 수평 또는 60~90° 올리경사진 발파구멍을 뚫는데 쓴다.

그러면 이러한 착암기로 발파구멍을 어떻게 뚫는가에 대하여 보기로 하자.

굴진막장은 자유면이 하나밖에 없는 막힌 곳이다.

이런 의미에서 막장이라고 부르기도 한다.

이러한 막장에서 발파를 하여 갱도를 뚫자면 암석의 세기와 갱도의 자름면적에 맞게 발파구멍의 수를 결정하고 발파구멍들을 배치하여야 한다.

발파구멍의 길이는 보통 1~2m정도로 한다.

발파구멍은 굴진막장의 가운데부분에 제일 먼저 발파하여 뽑아내는 속빼기구멍을 배치하고 갱도의 테두리를 보장하기 위한 주변구멍과 보조구멍을 배치한다.(그림 3-17)

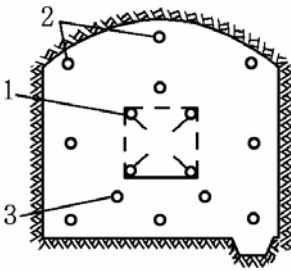



그림 3-17. 수평갱도굴진에서 발파구멍의 배치상태
1-속빼기구멍, 2-주변구멍, 3-보조구멍

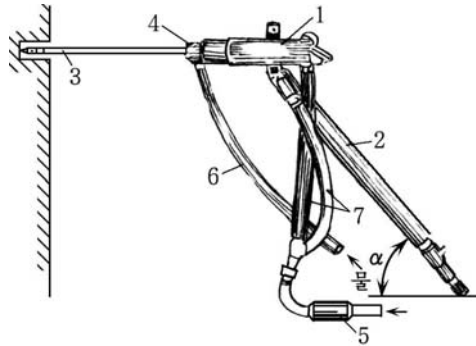



그림 3-18. 공기식버팀대에 설치한 수평수동식 착암기의 작업상태
1-착암기, 2-공기식버팀대, 3-정대, 4-측면물주개, 5-자동주유기, 6-물호스, 7-공기호스

착암기로 발파구멍을 뚫을 때에는 착암기를 버팀대에 설치하거나 추진장치가 달린 착암기를 쓴다.(그림 3-18)

착암기로 발파구멍을 뚫을 때에는 많은 돌가루가 생기므로 착암기에 있는 물관이나 측면물주개로 구멍안에 물을 공급해주어 돌가루를 돌죽처럼 만들어서 밖으로 내보낸다.

그리고 착암기에는 자동주유기로 기름도 정상적으로 쳐주어야 한다.

2) 발파작업

갱도굴진막장에 필요한 발파구멍을 다 천공한 다음에는 발파구멍에 폭약을 장약하고 발파한다.

갱도에서 발파작업은 로천에서의 발파작업과 다른 일련의 특성을 가지고있다.

① 발파준비조건이 로천보다 불리하다.

갱안에는 로천보다 작업장이 밝지 못하고 어두우며 갱도막장이 제한되여있다.

또한 어떤 경우에는 갱도굴진막장에서 물이 나올수도 있다.

이런 경우에는 폭약이 습기를 받지 않도록 대책을 세워야 한다.

② 발파작업에서 안전성에 특별한 주의를 돌려야 한다.

수평갱도굴진막장에서는 특수한 경우를 내놓고는 도화선발파를 한다.

그러므로 개별적인 도화선마다 불을 달아야 하므로 제정된 안전규

정을 무조건 지켜야 하며 불을 달아야 할 발파구멍의 수가 많을 때에는 2~3명이 해야 하므로 협동작전도 잘해야 한다. 그리고 일단 불을 단 다음에는 빠른 동작으로 대피소에 대피해야 한다.

수평갱도굴진에서 발파작업은 로천채굴할 때의 도화선발파방법과 같은 순서와 방법으로 한다.

갱도굴진에 쓰이는 폭약은 암모니트폭약, 질안팽화폭약, 질안연유폭약 등이다.

이러한 폭약들은 직경이 36mm, 길이가 25~30cm, 질량이 200g인 약포로 만들어서 쓴다.

수평갱도굴진막장에서 도화선으로 발파하기 위하여 발파구멍에 폭약을 장약하는 한가지 방법을 그림 3-19에 보여주었다.

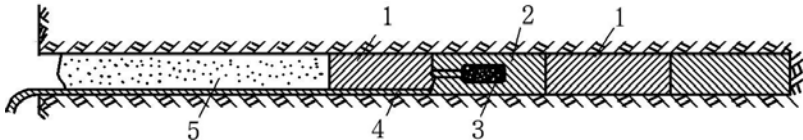



그림 3-19. 발파구멍에 폭약을 장약하는 방법
1-약포, 2-기폭약포, 3-뢰관, 4-도화선, 5-충전물

도화선발파를 하기 위하여서는 먼저 압축공기로 발파구멍안을 깨끗이 가셔낸 다음 도화선에 뢰관을 꽂아 약포에 넣은 기폭약포와 함께 약포들을 발파구멍의 전체 길이의 2/3 되게 넣고 나머지 부분에는 발파할 때 생기는 폭발가스가 새여나가지 못하도록 충전물로 채운다. 이때 기폭약포는 구멍안의 약포들가운데 임의의 위치에 놓을수 있다.

이와 같이 폭약을 장약한 다음에는 도화선에 불을 다는데 이때 반드시 지켜야 할 점은 굴진막장을 잘 정리하고 사람들을 안전한 곳으로 대피시키며 발파한다고 알려주는것이다.

도화선에 불을 달 때에는 반드시 안전도화선에 먼저 불을 단 다음 발파구멍의 매개 도화선에 불을 달아야 한다.

안전도화선이 다 타면 무조건 대피해야 한다.

발파작업에서 중요한것은 발파효률을 높이는것이다.

발파효률은 발파가 잘되였는가 잘되지 못하였는가를 평가하는 중요한 지표로서 발파구멍의 길이에 대한 실제로 뚫어진 갱도의 길이와의 비률을 말한다.

$$\eta = \frac{\ell'}{\ell} \cdot 100$$

η-발파효률, %

ℓ-발파구멍의 길이, m

ℓ'-실제로 뚫어진 갱도의 길이, m

고속도굴진을 하려면 천공속도를 높여 교대당발파회수를 높이는것과 함께 발파효률을 높여야 한다.

3) 통기작업

갱내에서 발파하면 사람에게 해로운 유해가스와 먼지가 생긴다.

이러한 유해가스와 먼지를 빨리 밖으로 뽑아버리고 신선한 공기를 넣어주어야 갱내에서 일하는 로동자들이 안전하면서도 위생적인 로동조건에서 일할수 있다. 바로 이렇게 나쁜 공기를 뽑아버리고 신선한 공기를 넣어주는것을 통기라고 한다.

통기는 통풍기로 하는데 갱도를 굴진할 때 쓰는 통풍기로는 이동할수 있는 국부통풍기를 쓴다.

통기방법에는 막장에다 신선한 공기를 불어넣는 방법(그림 3-20의 ㄱ)과 막장에 차있는 발파가스를 빨아내는 방법(그림 3-20의 ㄴ) 그리고 이 두가지 방법을 결합한 방법이 있다.

이러한 방법들가운데서 많이 쓰는 방법은 막장에다 신선한 공기를 불어넣는 방법이다.

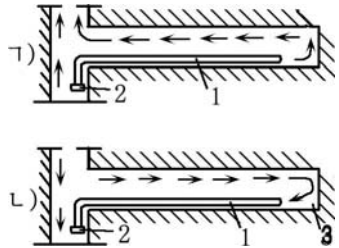



그림 3-20. 막장의 통기방법

ㄱ-불어넣는 방법, ㄴ-빨아내는 방법; 1-바람관, 2-국부통풍기, 3-막장

4) 버력처리작업

천공발파작업으로 깬 버력을 실어나르는것을 버력처리라고 한다.

버력처리는 갱도굴진작업에서 제일 어렵고 품이 많이 드는 작업으로서 버력처리시간을 얼마나 단축하는가에 따라 굴진속도가 좌우된다. 그러므로 고속도굴진을 하려면 버력처리를 빨리 해야 한다.

수평갱도굴진에서 버력처리는 주로 압축공기를 동력으로 쓰는 공기식적재기로 한다.

현재 수평갱도굴진막장에서 많이 쓰고있는 적재기는 공기식적재기《공적-220》이다.

이 적재기는 크게 바가지, 반달체, 조종손잡이, 바퀴, 발판 등으로 되여있다.(그림 3-21)

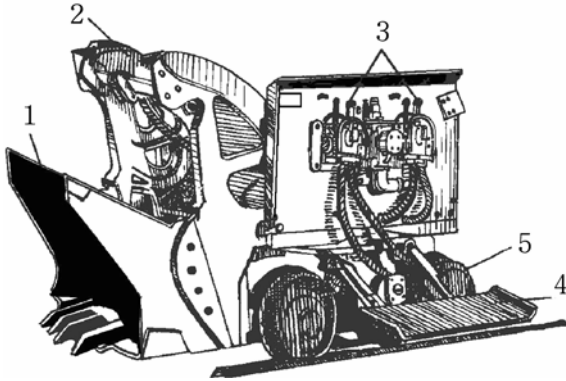



그림 3-21. 공기식적재기 《공적-220》
1-바가지, 2-반달체, 3-조종손잡이, 4-발판, 5-바퀴

이 적재기가 수평갱도굴진막장에서 버럭을 처리하는 과정을 보면 그림 3-22에서와 같이 적재기운전공이 발판에 올라가 조종손잡이로 압착공기를 조절하면 적재기가 레루를 따라 앞으로 나가면서 바가지에 버럭을 퍼담는다.

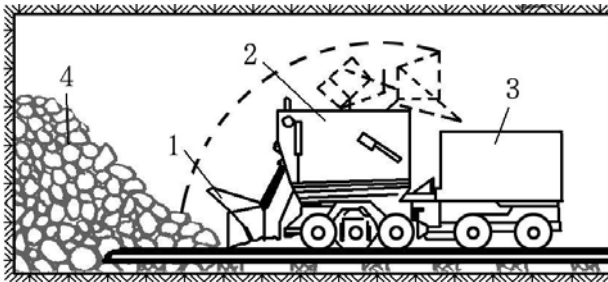



그림 3-22. 《공적-220》적재기의 작업략도
1-바가지, 2-적재기본체, 3-광차, 4-버럭더미

그다음 바가지를 올리면 반달체를 따라 뒤로 제쳐지면서 광차에 버럭을 쏟는다.

5) 동발들이기작업

갱도가 무너지는 정도는 암석의 성질, 갱도의 크기와 형태에 따라 다르다. 실례로 매우 굳은 암석속에 자름면이 작은 갱도를 뚫은 경우를

보자. 이때에는 오래동안 있어도 갱도에서 아무러한 변화도 일어나지 않는다.

그러나 연약한 암석속에 갱도를 뚫으면 갱도주위에 있는 암석이 파괴되면서 갱도가 무너지고만다.

갱도에서 가장 잘 무너지는 곳은 천정인데 그것이 무너지는 현상을 관찰해보면 처음에는 구부러지다가 시간이 지나면 틈이 생기면서 무너지기 시작한다. 그리하여 나중에는 아치형태로 무너지고 더는 무너지지 않는다.(그림 3-23)

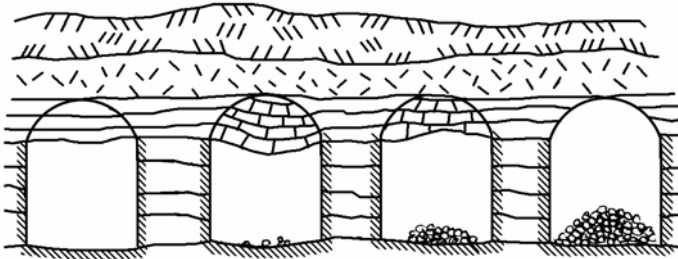



그림 3-23. 갱도가 무너지는 과정

그러나 매우 연약한 암석에서는 갱도의 전체면이 공간적으로 줄어들게 된다. 이렇게 갱도를 무너뜨리는 힘을 광산, 탄광에서는 지압이라고 한다.

그러므로 갱도를 어떤 일정한 모양과 크기로 오래동안 유지하려면 갱도를 파괴하려는 지압에 견딜수 있게 동발을 들여야 한다.

동발로는 나무, 쇠, 블로크, 콩크리트, 철근콩크리트동발 등 여러가지를 쓴다.(그림 3-24)

철근콩크리트동발에는 일체식과 조립식이 있다.

지금까지 동발이라고 하면 그림 3-24에 준 동발 같은 형태만 있는것으로 알고있는데 최근에는 이러한 형태의 동발은 점차 적어지고 갱도주위의 암반

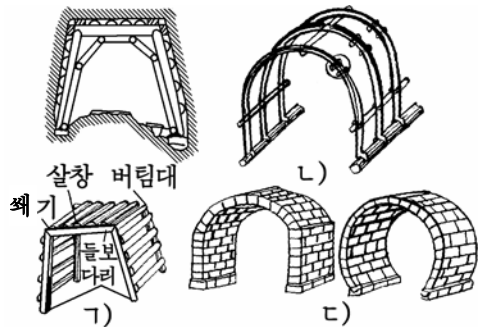



그림 3-24. 여러가지 동발
ㄱ-나무동발, ㄴ-쇠동발, ㄷ-블로크동발

에 세멘트몰탈이나 합성수지를 주입하고 경화제로 굳어지게 하는 방법, 직경이 1cm정도 되는 철근을 갱도의 천반이나 측벽에 꽂아넣는 막대동발 등 새로운것들이 쓰이고있다.

막대동발에는 재료에 따라 쇠막대, 나무막대, 쇠바줄막대, 합성수지막대 등이 있다.

막대동발은 갱도주위에 일정한 간격과 길이로 구멍을 뚫고 거기에 쐐기모양의 막대를 끼워서 암반에 고정시키거나(그림 3-25의 ㄱ) 구멍에 세멘트몰탈이나 합성수지를 넣은 다음 거기에 막대를 넣어서 고정시킨다.(그림 3-25의 ㄴ)

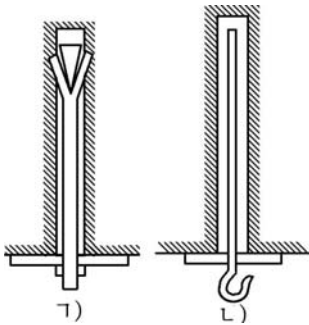



그림 3-25. 막대동발

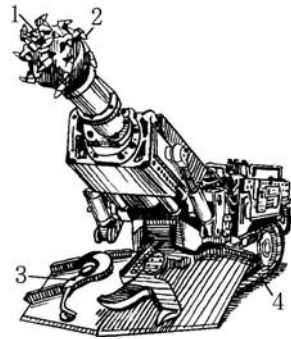



그림 3-26. 부분자름면식종합굴진기
1-절삭머리부, 2-이발,
3-긁개가 달린 이적기, 4-무한궤도

수평갱도는 이밖에도 종합굴진기로도 뚫는데 여기에는 부분자름면식과 전자름면식종합굴진기가 있다.

부분자름면식종합굴진기는 갱도의 자름면을 단번에 굴진하는것이 아니라 점차 넓히는 방법으로 굴진하는 기계이며 전자름면식종합굴진기는 갱도의 자름면을 단번에 밀고나가면서 굴진하는 기계이다.

부분자름면식종합굴진기는 포신모양의 회전축끝에 달린 원추모양의 절삭머리부에 있는 절삭이발들로 무른 암석이나 석탄을 깎아내여 긁개가 달린 이적기로 운반한다.(그림 3-26)

2. 수직갱도굴진

수직갱도는 보통 직4각형이나 원형으로 굴진하는데 암석이 굳을 때에는 직4각형으로 하고 연약할 때에는 원형으로 한다.

수직갱도를 굴진하려면 그 준비작업부터 잘해야 한다. 여기서는 먼저 지질탐사를 하여 굴진하게 되는 수직갱부근의 지질을 잘 조사한데 기초하여 갱도의 입구를 정하고 일정한 정도로 굴진한다.

다음 거기에 굴진기초틀과 림시권양탑을 설치한다.

기초틀에는 권양통이 오르내리는 구멍, 바람관 및 압축공기도관을 설치하기 위한 구멍이 있다. 이러한 구멍들은 보통때에는 닫아두었다가 권양통이 오르내릴 때에만 연다.

그리고 굴진권양탑은 버럭, 사람, 자재를 운반하며 뽐프, 발판, 도관 등을 매달기 위하여 쓴다.

굴진용권양탑은 수직갱굴진이 끝나면 영구권양탑과 바꾼다.

수직갱도굴진도 수평갱도굴진과 같은 공정을 거치는데 배수 및 수직갱의 정비작업이 더 있다.

발파구멍은 공기식착암기로 뚫는데 갱도의 자름면이 크기때문에 많은 개수의 발파구멍을 배치하고 뚫는다.

원형자름면에서는 발파구멍들을 동심원둘레에 배치한다.

발파구멍을 다 뚫으면 발파하는데 수평갱도에서와는 달리 이때에는 수직갱의 바닥이 막장면이기때문에 막장에 아무것도 두지 말고 지표나 보호발판우로 다 올려야 한다. 그리고 수직갱에서는 전기발파를 하기때문에 약포에 전기뢰관을 넣어야 하며 수직갱의 바닥에는 물이 많으므로 암모니트나 함수성폭약을 비닐주머니에 싸서 습기가 차지 않게 장약한다.

발파는 지체발파를 하는데 장약과 전기줄련결이 끝나면 발파공은 권양통을 타고 지표나 보호발판우에 올라와서 발파기로 발파한다.

막장통기는 국부통풍기와 바람관을 리용하여 공기를 불어넣는 방법으로 한다.

버럭적재 및 운반은 집게삽적재기로 버럭을 집어서 권양통에 담고 그것을 권양기로 들어올리는 방법으로 한다.

집게삽적재기는 크게 집게삽, 권인기, 조종용손잡이로 되여있다.(그림 3-27)

이 적재기에는 4개의 집게삽이 있는데 아래우로 움직이는 실린더에 의하여 삽이 닫

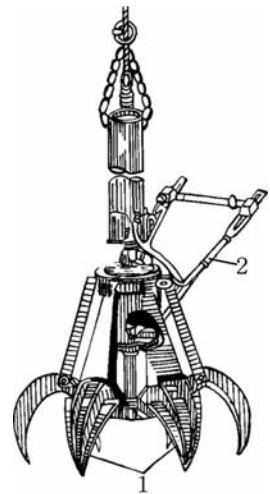



그림 3-27. 집게삽적재기
1-집게삽, 2-조종용손잡이

겼다열어졌다하면서 버럭을 집어서 들어올려 권양통에 담아준다.

수직갱을 뚫을 때에는 다른 갱도를 뚫을 때보다 비교적 많은 량의 물이 나온다. 그러므로 나오는 물량이 4~6m^3/h이하인 때에는 권양통에 버럭과 함께 퍼담아올리지만 물이 그 이상 많이 나오면 현수뽐프나 분사뽐프로 퍼올린다.

수직갱을 뚫을 때에는 먼저 나무로 림시동발을 들이면서 내려가다가 일정한 길이(이것을 수직갱도굴진에서는 마디라고 한다.)에 이르면 림시동발을 거두면서 콩크리트동발을 올리들인다. 이를 위하여 먼저 기초틀홈을 파고 휘틀을 조립한 다음 지표에서 콩크리트혼합물을 권양통이나 도관으로 내려보낸다.

그리고 이 혼합물을 다져넣으면서 점차 올리들인다.

거둔 림시동발은 지표로 내갔다가 다시 쓴다.

수직갱을 뚫을 때에는 그곳으로 오르내리는 스키프나 케이지의 길을 잡아주는 유도대와 사다리 및 발판 그리고 도관과 까벨선을 설치하는데 이런 작업을 수직갱의 장비달기라고 한다.

영구동발로 나무를 쓰는 직4각형자름면의 수직갱에서는 영구동발을 들이면서 장비달기를 동시에 진행한다.

그리고 영구동발로 콩크리트를 쓰는 경우에는 갱도굴진이 다 끝난 다음에 장비달기를 한다.

수직갱의 장비달기가 끝나면 굴진용권양탑을 거두고 거기에 영구권양탑을 세운다.

만일 수직갱을 굴진해야 할 곳의 지층이 매우 연약하거나 물이 많이 나오는 경우에는 이상에서 본 보통방법으로는 수직갱을 굴진하기가 힘들기때문에 지층을 얼구어놓고 굴진한다.

3. 경사갱도굴진

경사갱도굴진은 많은 경우에 수평갱도굴진과 비슷하다.

그러나 갱도가 경사졌기때문에 굴진작업에서는 약간의 특성이 있다.

갱도의 경사가 완만할 때에는 수평갱도굴진과 별로 차이가 없지만 경사가 급해질수록 수직갱도굴진과 비슷해진다.

경사갱도는 보통 지표로부터 땅속으로 내리뚫는 경우가 많은데 착암기를 가지고 천공발파의 방법으로 하며 통기 역시 국부통풍기로 한다.

그리고 버럭운반은 25°까지 경사진 갱도에서는 이적기로 하거나

레루를 놓고 광차에 버럭을 담아 권양기로 끌어올리기도 하고 벨트콘베아로 나르기도 한다.

경사갱도를 내리뚫을 때에는 굴진막장에 물이 많이 고이므로 고이는 물이 많을 때에는 뽐프로 퍼내며 적을 때에는 버럭과 함께 실어낸다.

경사갱도는 필요에 따라 올리뚫는 경우도 있는데 오름갱도나 제무게 운반갱도들은 아래로부터 올리뚫는다.(그림 3-28)

갱도의 경사가 완만할 때에는 내리뚫기와 큰 차이가 없지만 경사가 급할 때에는 약간의 차이가 있다.

경사가 급할 때 발파구멍은 발판우에서 추진식착암기로 뚫으며 버럭은 갱도를 그림 3-28과 같이 버럭운반칸, 재료운반칸, 사람이 다니는 사닥다리칸으로 나누어놓고 버럭운반칸으로 한다. 이때 버럭은 제무게에 의하여 자동적으로 운반하므로 적재운반설비가 필요없다.

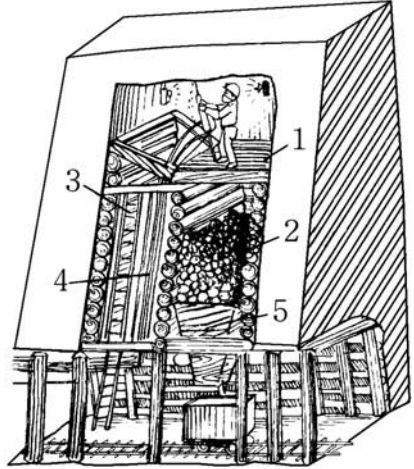



그림 3-28. 급경사갱도의 올리뚫기
1-작업발판, 2-버럭운반칸, 3-사닥다리칸, 4-재료운반칸, 5-적재구

제4절. 광석의 지하채굴법

지하개발에 의하여 지표로부터 광체가 있는 곳까지 드나들수 있는 통로가 열리고 운반, 통기, 배수 및 동력공급을 할수 있는 준비가 되면 채굴작업을 하게 된다.

채굴작업은 갱도에서 광석을 직접 캐내는것이 아니라 여러개의 준비갱도들을 뚫어서 채굴장을 만들어놓고 한다.

그러므로 지하채굴은 채굴장을 만드는 준비작업과 거기에서 광석을 캐내는 채굴작업으로 나누어볼수 있다.

1. 채굴장의 준비작업

광상이 개발되면 광석을 캐기 위하여 개발된 구역안에서 채굴장을 준비하는 채굴준비작업을 해야 한다. 채굴작업도 다른 모든 작업과 마

찬가지로 준비작업이 잘되여야 성과를 거둘수 있다.

채굴장을 만들기 위하여서는 채굴장안으로 사람들이 다니며 채굴작업에 필요한 설비와 자재 그리고 캔 광석을 운반하기 위한 갱도 즉 준비갱도들을 뚫고 그 갱도들에 필요한 설비들을 배치하여야 한다.

2. 광석지하채굴의 기본생산공정

채굴준비작업이 끝나 채굴장이 마련되면 광석을 캐내는 채굴작업을 하게 된다.

채굴작업은 채취작업, 막장운반작업, 채굴공간의 유지작업 등을 거쳐서 진행한다.

1) 채취작업

채굴장에서 광석채취작업은 자연적으로 생긴 광체에서 광석을 떼여내는 작업으로서 채굴작업의 첫 공정이다.

채굴장에서 광석을 캐내는 기본방법은 천공발파방법이다. 이밖에 연약한 광석은 무너뜨리거나 수력으로 캘수도 있으며 특수한 방법으로도 캘수 있다.

천공발파에 의한 채취방법은 현재 광산들에서 많이 쓰고있는 방법으로서 채굴막장에다 착암기로 발파구멍을 뚫고 발파하여 광석을 캔다.

갱도를 굴진할 때에는 갱도굴진막장에 드러나있는 면(이것을 자유면이라고 한다.)이 한개였기때문에 발파할 때 그 효과가 적었지만 채굴장에는 자유면이 두개이상이기때문에 발파효과가 좋다.

일반적으로 자유면이 많아질수록 발파가 잘되기때문에 채굴장에서는 폭약 1kg을 가지고 캐내는 광석량이 갱도굴진할 때보다 훨씬 많다.

천공발파작업에서 광석채취는 작은발파구멍채취방법, 큰발파구멍채취방법, 갱실발파채취방법으로 한다.

(1) 작은발파구멍채취방법

지하채굴에서는 주로 작은발파구멍채취방법으로 광석을 채취하는데 이때에는 여러가지 형태의 막장에다 수동식착암기로 작은발파구멍을 뚫고 발파한다.

우리가 말하는 작은발파구멍이란 발파구멍의 직경이 30~75mm, 길이가 5m이하인것을 말한다.

막장의 형태에는 전면막장, 내리계단막장, 올리계단막장, 수직막장이 있다.(그림 3-29)

발파구멍을 수평 또는 아래방향으로 뚫을 때에는 수동식착암기를 쓰며 올리방향으로 뚫을 때에는 추진식착암기를 쓴다.

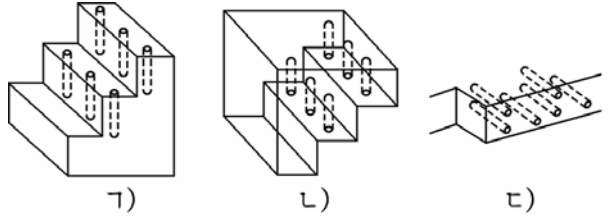



그림 3-29. 광석을 캐내는 막장의 형태
ㄱ-내리계단막장, ㄴ-올리계단막장, ㄷ-전면막장

(2) 큰발파구멍채취방법

광체의 두께가 두꺼우면서 변화가 심하지 않을 때에는 큰발파구멍채취방법으로 광석을 캔다.

우리가 여기서 말하는 큰발파구멍이란 발파구멍의 직경이 75~300mm, 길이가 5m이상인것을 말한다.

이때 발파구멍은 평행 또는 부채살모양으로 뚫는다.(그림 3-30)

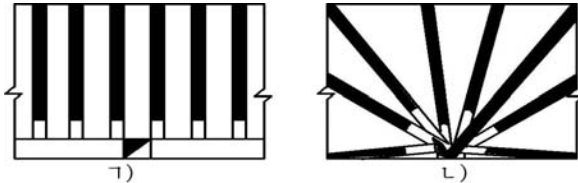



그림 3-30. 큰발파구멍의 배치
ㄱ-평행식, ㄴ-부채살식

발파구멍은 보통 썰매대차식착암기로 뚫는다.(그림 3-31)

착암기는 썰매식대차우에 설치되여있는데 대차에는 수직 또는 수평방향버팀대들이 있기때문에 작업할 때 막장의 천반이나 벽에 대차를 든든히 고정하게 되여있다.

이 착암기로는 발파구멍을 부채살모양으로 360° 방향에서 수직 또는 경사지게 뚫을수 있다.

썰매대차식착암기는 0.4~0.6 MPa의 압축공기압력으로 30m 길이의 발파구멍을 뚫는데 착암기의 질량은 785kg정도이다.

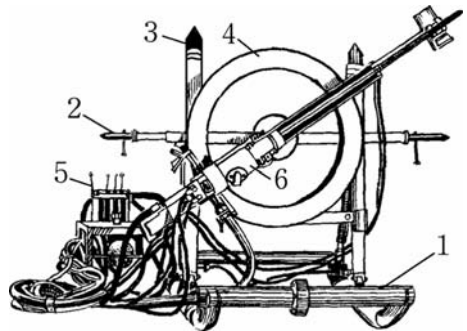



그림 3-31. 썰매대차식착암기
1-썰매, 2-수평버팀대, 3-수직버팀대, 4-각도기, 5-조종손잡이, 6-착암기

(3) 갱실발파채취방법

이 채취방법은 광체가 대단히 두껍거나 천반을 무너뜨려 채굴공간을 채울 때 쓴다.

그러나 이 방법은 갱실을 뚫고 들어가 거기에다 폭약을 넣어야 하므로 품이 많이 들뿐아니라 발파할 때 거석이 많이 생기므로 그것을 실어서 운반하기가 불편하기때문에 많이 쓰지 않는다.

2) 막장운반작업

막장운반작업은 막장에서부터 기본운반연층갱도까지 캐낸 광석을 운반하는 작업으로서 주로 제무게, 광차, 스크레빠, 적재운반차 등으로 한다.

제무게운반은 급경사층에서 광석을 채굴장으로부터 운반연층갱도까지 제무게로 운반하는 방법으로서 광체가 급경사로 놓여있을 때 적용한다. 그러므로 바닥에 철판 같은것을 깔아 수채를 만들어놓으면 광석이 잘 미끄러져내려간다.

광차운반은 채굴장안에다 레루를 놓고 광석을 광차에 퍼담아 운반하는 방법인데 광체가 수평 또는 완만하게 놓여있을 때에만 적용한다.

스크레빠운반은 함이나 곽지같이 생긴 스크레빠를 권양기의 원통에 감겨있는 쇠바줄에 련결하고 끌어당겨서 광석을 운반하는 방법이다.

따라서 이 방법은 광체가 완만하게 놓여있을 때 적용한다.

적재운반차에 의한 운반은 적재운반차가 직접 바가지로 광석을 퍼담아서 날라다 부리우는 방법으로서 운반거리가 100m이하인 경우에 적용한다.

3) 채굴공간의 유지작업

이 작업은 채굴작업을 안전하고 편리하게 하기 위하여 천반과 옆벽이 무너지지 않게 유지하는 작업이다.

채굴막장에서 광석을 캐내면 캐낸 광석량과 맞먹는 넓은 공간이 생긴다. 물론 천반암석이 대단히 견고한 경우에는 채굴공간을 그대로 두어도 별일이 없겠지만 견고하지 못할 때에는 천반이 무너질수 있다.

그러므로 채굴작업을 안전하게 하려면 천반이 무너지지 않게 대책을 세워야 한다.

채굴공간을 유지하는 방법에는 잔주로 유지하는 방법, 동발로 유지하는 방법, 충전하여 유지하는 방법 등이 있다.

잔주로 유지하는 방법에서는 채굴공간안에 채굴잔주를 군데군데 남기거나(그림 3-32의 ㄴ) 채굴장과 채굴장사이(실간주), 갱도의 우(갱상주)와 아래(갱하주)에 남기는 방법으로 채굴공간을 유지한다.(그림의 ㄱ)

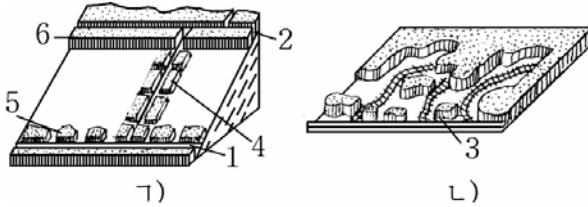



그림 3-32. 잔주를 남긴 형태
1-운반연층갱도, 2-통기연층갱도, 3-채굴잔주,
4-실간주, 5-갱상주, 6-갱하주

채굴공간을 유지하기 위하여 잔주는 그 구역에서 채굴작업이 끝나야만 캘수 있는데 여기에는 큰 짐이 걸려있기때문에 그것을 캐기가 매우 위험하며 설사 캔다하더라도 다 캐낼수가 없다.

그러므로 잔주는 될수록 적게 남겨야 하며 남기는 경우에도 품위가 낮은 광석층에 남겨야 한다.

동발로 유지하는 방법에서는 채굴공간을 나무나 쇠 및 콩크리트동발로 유지한다. 이러한 동발들은 맥폭이 비교적 얇고 천반암석이 견고한 경우에 쓴다.

나무동발의 실례로 버팀동발과 방틀동발을 들수 있다.(그림 3-33)

광체의 경사가 급할 때에는 그림 3-33의 ㄱ)에서 보는바와 같이 동발을 세울 곳에 구멍을 파고 동발을 세운 다음 동발끝에 받치개를 대고 쐐기를 박아서 세운다.

이때 동발은 상하반에 수직이 되지 않고 약간 우로 각 α만큼 기울어지게 세워야 한다. 그래야 상반이 움직이거나 우로부터 광석이 떨어지면서 동발을 치는 경우에도 동발이 움직이지 않는다.

그리고 광체의 경사가 완만할 때에는 나무동발을 그림의 ㄴ)와 같이 세운다.

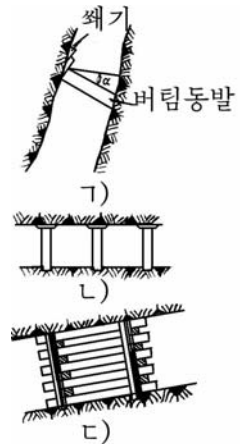



그림 3-33. 나무동발의 형태
ㄱ-급경사용버팀동발,
ㄴ-완경사용버팀동발,
ㄷ-방틀동발

방틀동발은 그림의 ㄷ)와 같이 둥근 통나무를 네모나게 쌓아서 만드는데 그안에는 버럭을 채워넣는다. 이 동발은 지압이 많이 오는 채굴장에서 쓴다. 이밖에도 천반에 균렬이 있을 때에는 막대동발로 유지한다.

충전으로 유지하는 방법에서는 채굴공간에 굴진갱도를 뚫을 때 나오는 버럭이나 선광장에서 나오는 미광을 채워서 유지한다.

충전은 수력 또는 공기로 충전물을 쏘아서 하거나 제무게로 한다.

그리고 충전물속에 세멘트나 무수석고와 같은 경화제를 넣어 굳힌다.

이 방법은 채굴공간을 믿음성있게 유지할수 있으므로 널리 쓰인다.

3. 채광법

이미 앞에서도 간단히 보았지만 광석을 캐자면 개발된 광체를 다시 일정한 채굴구역으로 나누고 여기서 다시 이러저러한 준비갱도들을 뚫어서 채굴장을 마련해놓아야 한다.

그런데 광체들은 그 놓임새와 두께가 다 다르고 그것을 둘러싸고있는 암석의 성질도 다양하기때문에 모든 광체를 어떤 한가지 방법으로만 캘수는 없다. 따라서 여러가지 방법으로 캔다.

갱도를 뚫고들어가 광석을 캐는 지하채광법에는 광석을 캔 다음에 생기는 공간을 그대로 비워두면서 캐는 공동식채광법, 채굴장에서 캔 광석을 캔 공간에 림시 저장하면서 캐는 저광식채광법, 캔 공간을 충전물로 채우면서 캐는 충전식채광법, 채굴공간의 천반을 무너뜨리면서 캐는 붕괴식채광법 등이 있다.

1) 공동식채광법

이 채광법은 광석을 캔 공간을 그대로 비워두면서 캐는 방법이다. 그러므로 이 채광법은 광체가 비교적 크면서 광석과 암석이 굳어야만 적용할수 있다.

공동식채광법안에도 광체의 두께가 2m정도이고 경사가 완만할 때 적용하는 전면식채광법, 광체의 경사가 급하고 두꺼울 때 적용하는 중단식채광법 등이 있다.

전면식채광법에서는 채굴공간에 잔주를 남기면서 광석을 전면막장으로 캔다.(그림 3-34)

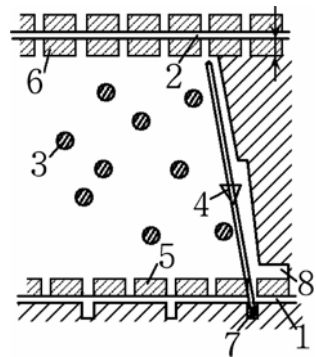



그림 3-34. 전면식채광법
1-운반연층갱도, 2-통기연층갱도, 3-채굴잔주, 4-스크레빠, 5-갱상주, 6-갱하주, 7-권인기, 8-앞선막장

이 채광법에서 광석채취는 천공발파방법으로 한다. 이때 발파구멍은 착암기로 뚫는데 수동식착암기나 추진식착암기로 아래방향이나 웃방향계단을 지어서 뚫고 발파하여 캐낸다.

캐낸 광석은 스크레빠나 광차 또는 적재운반차로 운반한다. 그리고 채굴공간은 잔주로 유지한다.

이 채광법에서 스크레빠로 캐낸 광석을 어떻게 운반하는가를 보기로 하자.

스크레빠로는 운반길이 구부러지거나 채굴장에 잔주가 있는 경우에도 그것을 피하면서 광석을 운반할수 있다.

스크레빠운반설비는 크게 스크레빠, 권인기, 쇠바줄, 도르래 등으로 되여있다.

스크레빠는 광석이 잘 담겨져야 하며 도중에 짐이 흩어지지 말아야 한다. 그리고 운동저항이 적으면서도 든든해야 한다. 이것을 고려하여 만든것이 곽지형스크레빠와 함형스크레빠이다.(그림 3-35)

곽지형스크레빠는 굳고 굵은 광석덩어리를 운반하는데 쓰며 함형스크레빠는 밀도가 작고 발파후에 잘 부스러지는 광석을 운반하는데 쓴다.

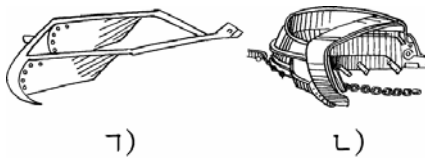



그림 3-35. 스크레빠의 형태
ㄱ-곽지형, ㄴ-함형

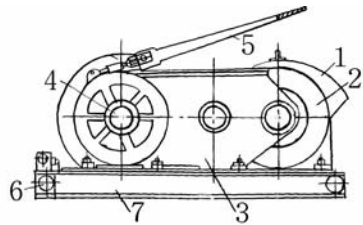



그림 3-36. 권인기의 구조
1-전동기, 2-축카프링,
3-감속장치, 4-쇠바줄토리,
5-손잡이, 6-안내로라, 7-설치틀

권인기는 스크레빠를 끄는 기계로서 쇠바줄토리, 조종장치, 설치틀, 쇠바줄안내로라로 되여있다.(그림 3-36)

쇠바줄은 짐이 실린 스크레빠를 당겨야 하기때문에 내마모성이 큰 연성쇠바줄을 쓴다.

광석을 캐는 채굴막장에서 스크레빠로 광석을 운반하는 작업상태를 보자.

그림 3-37에서 보는바와 같이 권인기로 끌쇠바줄을 당기면 스크레

빠가 광석을 긁어담으면서 적재구로 오게 된다.

다음 권인기의 손잡이를 조종하여 되돌이쇠바줄을 쇠바줄토리에 감으면서 끌쇠바줄을 풀어주면 스크레빠는 다시 실는 곳에 가게 된다. 이런 과정이 계속 반복되면서 운반한다.

그림 3-37. 스크레빠의 작업상태
1-권인기, 2-끌쇠바줄, 3-스크레빠, 4-되돌이쇠바줄, 5-도르래, 6-적재구

스크레빠운반의 우점은 운반설비들의 구조가 간단하고 운반비가 적으며 운반작업과 실는 작업을 겸할수 있는것이다. 또한 운반거리를 쉽게 조절할수 있는것이다. 그러나 짐을 주기적으로 운반하기때문에 생산성이 낮고 운반하는 과정에 짐과 쇠바줄이 마모되는것이 결함이다.

이 채광법은 채굴준비작업량이 적고 채굴장안에서 광석속에 섞인 버럭을 골라낼수 있기때문에 광석의 빈화률을 낮출수 있는 우점이 있다. 그러나 채굴공간에 잔주를 남겨야 하며 바닥에 있는 가루상태로 된 광석을 말끔히 운반할수 없기때문에 채취률이 떨어지는 결함이 있다.

중단식채광법에서는 한개의 층단을 여러개의 중단으로 나누어서 중단별로 캔다.(그림 3-38)

이렇게 하기 위하여 채굴구역의 아래경계에 운반연층갱도를 뚫고 여기로부터 채굴구역의 경계를 따라 오름갱도를 뚫으며 오름갱도를 따라 올라가면서 일정한 사이를 두고 중단갱도와 분할갱도를 뚫는다. 그리고 캔 광석을 운반하기 위하여 일정한 간격으로 락광정을 만들고 여기에 적재구를 설치한다.

그림 3-38. 중단식채광법
1-운반연층갱도, 2-중단연층갱도, 3-2차파쇄갱도, 4-락광정, 5-오름갱도, 6-발파구멍

이상과 같이 하면 채굴장이 준비되는데 광석은 중단갱도에서 썰매대차식착암기나 수동식착암기로 긴 발파구멍을 뚫고 발파하여 캔다.

이때 캔 광석은 제무게에 의하여 락광정까지 내려온다.

이 채광법은 착암공이 채굴장안에는 들어가지 않고 중단갱도에서 발파구멍을 뚫기때문에 작업이 안전하고 한번에 여러곳에서 발파할수 있으므로 다량락광할수 있다. 그리고 채굴막장안의 통기가 잘되는 우점

이 있다. 그러나 이 채광법은 준비갱도를 많이 뚫어야 하며 광석이 지나치게 크게 깨지는 결함이 있다.

공동식채광법에서는 전면식채광법이나 중단식채광법외에도 한개의 층단을 중단으로 나누지 않고 한번에 캐내는 층단식채광법도 있는데 상반이 견고하고 두꺼운 경사광체에 적용한다.

채굴공간에 잔주를 남기는 방법으로 공간을 유지하면서 광석을 캐내는 공동식채광법은 그 발전력사가 가장 오래지만 채굴공정이 단순하고 그 적용범위가 넓은것으로 하여 오늘도 여전히 널리 쓰이고있다.

2) 저광식채광법

이 채광법은 캐낸 광석을 그 즉시에 운반하는것이 아니라 림시 채굴공간안에 저장해두었다가 일정한 채굴구역을 다 캔 다음에 광석을 뽑아서 실어내가는 채광법이다.

이 채광법에서는 그림 3-39에서 보는바와 같이 아래경계에다 운반연층갱도를 뚫고 채굴구역의 경계에는 오름갱도를 뚫는다. 그다음 오름갱도를 따라 올라가면서 채굴장으로 들어갈수 있는 통로를 4~5m사이에 하나씩 뚫으며 채굴구역의 가운데에는 채굴작업에 필요한 자재를 들여오거나 채굴장안의 통기를 보장하기 위하여 보조오름갱도를 뚫는다.

캔 광석을 운반연층갱도에서 뽑아낼수 있게 깔때기모양의 락광정을 뚫고 여기에 적재구를 설치한다.

그림 3-39. 저광식채광법
1-오름갱도, 2-운반연층갱도, 3-락광정, 4-캔 광석, 5-광체, 6-보조오름갱도

이렇게 하면 채굴준비작업이 끝난다.

광석채굴은 웃방향으로 계단막장을 만들고 아래로부터 우로 올라가면서 수동식착암기나 추진식착암기로 발파구멍을 뚫고 발파하여 캔다.

이 채광법에서 중요한것은 저광된 광석면과 천반사이의 높이를 일정하게 보장하는것인데 이를 위하여 발파한 다음 일정한 량의 광석을 매개 적재구로 뽑아낸다.

채굴구역안에 있는 광석을 다 캐면 저장해두었던 광석을 전부 뽑아낸다.

저광식채광법은 우리 나라의 광산들에서 제일 많이 쓰는 방법으로서 작업이 안전하면서도 생산성이 높으며 캔 광석이 채굴막장으로부터 운반연층갱도까지 제무게에 의하여 저절로 굴러떨어지기때문에 막장운반이 거의나 필요없으며 동발을 세우는것과 같은 힘든 작업공정을 거치지 않아도 된다.

그러나 이 채광법은 광석의 손실과 빈화가 많은것이 결함이다.

저광식채광법은 광체의 경사가 급하고 광석과 천반이 견고한 때에 적용한다.

3) 충전식채광법

이 채광법은 캔 빈 공간에 충전물을 채우면서 광석을 캐는 채광법으로서 천반이 연약하고 광체의 두께가 대단히 얇아서 광석과 버럭을 따로따로 갈라서 캐야 할 때에 적용한다.

제5절. 석탄의 지하채굴법

1. 채탄장의 준비작업

채탄장준비작업은 광석채굴장의 준비와 기본적으로 같은데 다음과 같은 요구들이 더 제기된다.

① 탄광에서 준비갱도들은 보통 몇개월 지어 몇년간 쓰기때문에 갱도를 유지하기에 유리한 곳 다시말하면 굳은 암석속에 배치하는것이다. 특히 준비갱도에는 채굴공간에 의하여 보충적으로 지압이 더 작용하게 되므로 갱도유지에 특별한 주의를 돌려야 한다.

② 장벽막장(이것을 일명 긴 막장이라고도 한다.)을 가진 채탄장을 준비하기 위한 준비갱도에는 해당한 구역의 석탄을 전부 캘 때까지 채탄막장의 길이가 달라지지 않게 갱도들을 배치하는것이다. 만일 이 길이가 달라지면 이에 따라 막장운반설비와 동발들의 설치길이가 달라지면서 채탄작업이 복잡해진다.

2. 석탄지하채굴의 기본생산공정

채굴준비작업이 끝나 채탄장이 마련되면 석탄을 캐는 채탄작업을 하게 된다. 그런데 석탄을 땅속에서 캐내는 작업은 광석을 땅속에서 캐낼 때와는 다른 일련의 특성이 있다.

그것은 첫째로, 광체는 주로 통처럼 생겼지만 탄층은 층모양으로 생긴것이다. 그러므로 탄층의 두께가 거의 일정하다.

물론 우리 나라의 무연탄층은 그것이 처음 생긴 다음 다시 여러차례의 구조운동을 받는 과정에 탄층의 두께가 변하기는 하였지만 광체에 비하면 그 변화가 심하지 않다.

둘째로, 탄층의 경사각은 광체의 경사각에 비하여 비교적 완만하다. 광체는 대체로 급경사로 놓여있는것이 특징이지만 탄층은 대부분이 완만하게 놓여있으며 극히 드문 경우에만 그것도 보통경사로 놓여있다.

셋째로, 석탄과 탄층을 품고있는 배태암의 상하반이 광석과 광체를 품고있는 상하반암석보다 세기가 약하다.

우리 나라 탄층들의 누름세기는 20MPa이하이며 상하반암석도 유연탄에서 30MPa이하, 무연탄에서 50~80MPa정도로서 광석이나 그것을 품고있는 상하반암석에 비하여 대단히 작다.

넷째로, 탄층속에는 광체와는 달리 메탄가스(CH_4)가 들어있는가하면 탄층의 상하반암석속에는 물이 들어있다.

그러므로 가스가 모여있는 곳에 자그마한 불꽃이라도 생기면 순식간에 폭발이 일어나며 물주머니가 터져 채탄장이 물속에 잠길수도 있다.

이러한 특성으로 하여 석탄을 지하채굴하는 작업공정에서는 광석을 지하채굴하는 공정에서와는 다른 채탄설비들이 쓰이고있다.

석탄의 지하채굴은 석탄의 채취작업, 막장운반작업, 지압관리작업 공정으로 이루어진다.

1) 석탄의 채취작업

석탄의 채취작업은 자연적으로 생긴 탄층에서 석탄을 떼내는 작업으로서 채탄작업의 첫 공정이다.

석탄은 광석보다 연약하기때문에 여러가지 방법으로 캐는데 여기에는 발파채취, 기계채취, 수력채취 등이 있다.

(1) 발파채취

발파채취는 발파의 힘으로 석탄을 떼내는 방법인데 그 력사가 오랜 채취방법으로 알려져있다.

현대적인 채탄기계들이 나오기 전까지는 탄광들에서 전기나 압축공기의 힘으로 탄벽에다 구멍을 뚫고 거기에다 폭약을 넣은 다음 발파하여 탄벽을 무너뜨리고 많은 사람들이 삽으로 석탄을 퍼서 콘베아에 실었다. 그리고 발파할 때 채 떨어지지 않은 석탄은 곡괭이로 캐여 싣기도 하였다.

(2) 기계채취

기계채취는 사람의 힘으로가 아니라 기계의 힘으로 석탄을 캐내는 방법인데 이때 쓰는 기계를 채탄기라고 한다. 지금 탄광들에서 가장 많이 쓰고있는 채탄기는 원통식채탄기와 보습식채탄기이다.

원통식채탄기는 긴 채탄막장을 오르내리면서 라선원통에 달린 절삭이발이 탄벽을 깎아내고 이때 깎이운 석탄을 콘베아로 운반하는 기계화된 채탄설비이다.

원통식채탄기는 크게 작업부, 유압실린더, 감속기, 전동기, 추진부 등으로 되여있다.(그림 3-40)

이 채탄기에는 하나 또는 두개의 작업부가 있는데 앞에 놓인 작업부는 탄층의 웃부분을 깎아나가며 뒤에 놓인 작업부는 탄층의 밑부분을 깎아나간다.

그림 3-40. 원통식채탄기
1-작업부, 2-추진부, 3-감속장치, 4-안내썰매

전동기로부터 감속기를 거쳐 작업부에 동력이 전달되면 이발이 가득 달린 둥근 라선원통이 빙빙 돌면서 탄벽을 깎아나가는데 탄층을 올라가면서도 깎고 내려오면서도 깎는다. 이때 작업부의 높이는 탄층의 두께에 따라 유압실린더로 조절한다.

깎이운 석탄은 작업부의 라선판을 따라 흘러내려 긁개콘베아에 실리운다.

채탄기는 추진부에 있는 쇠사슬추진장치에 의하여 안내썰매를 따라 앞으로 나간다.

보습식채탄기는 그 생김새가 논밭을 갈아엎는 보습과 거의 같으며 석탄을 깎아내는 작업도 보습으로 논갈이를 하는것과 비슷하다.

차이가 있다면 논밭을 갈 때에는 바닥을 갈아엎지만 보습식채탄기는 탄벽을 깎아 떨구는것이다. 이런 의미에서 이 채탄기를 보습식채탄기라고 부른다.

보습식채탄기는 보습과 같이 생긴 절삭부가 끌사슬에 끌려 긴 채탄막장을 따라 오르내리면서 탄층을 깎아내여 긁개콘베아에 실어주는 기계화된 설비로서 절삭부, 끌사슬전동장치, 긁개콘베아 등으로 되여있다.(그림 3-41)

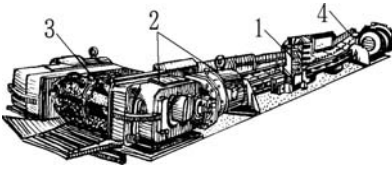



그림 3-41. 보습식채탄기
1-절삭부, 2-끌사슬전동장치,
3-긁개콘베아, 4-전동장치

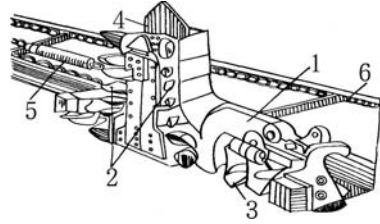



그림 3-42. 절삭부
1-본체, 2-가운데이발, 3-바닥정리날,
4-천반따기칼, 5-끌사슬, 6-긁개콘베아

절삭부에는 석탄을 깎아내는 이발이 우와 가운데 그리고 아래에 달려있다.(그림 3-42)

절삭부를 끌사슬로 당기면 이것이 긁개콘베아에 지지되여 긴 채탄막장을 오르내리면서 마치도 보습으로 논밭을 갈아엎듯이 탄층을 깎아낸다. 깎이운 석탄은 긁개콘베아에 실려나간다.

이상에서 본 기계채취방법은 생산성이 높으면서도 작업이 안전하며 채탄작업을 종합적으로 기계화할수 있기때문에 널리 쓰이고있다.

(3) 수력채취

수력채취는 물의 힘을 리용하여 석탄을 캐는 채취방법인데 지질조건이 복잡한 무연탄층을 캘 때 적용할수 있다.

이 채취방법에서는 석탄의 누름세기보다 5~10배정도 되는 고압수를 물포로 시간당 100~400m^3 쏴준다.

그러면 석탄이 무너져내리는데 이것을 물의 힘을 리용하여 운반한다. 이 채취방법은 로동자들이 채탄막장으로부터 10~20m이상 떨어져서 작업을 하며 가스폭발을 막고 먼지를 잡을수 있기때문에 안전하다. 그리고 수력채탄의 기계설비들이 단순하고 간편하며 석탄채굴을 종합적으로 기계화할수 있다.

그러므로 앞으로 우리 나라 무연탄채굴에서 전망이 크다.

2) 막장운반작업

채탄장에서 캐낸 석탄은 제무게, 기계, 수력 등으로 운반한다.

기계운반은 긁개콘베아, 스크레빠 등으로 하는데 긁개콘베아는 수채를 따라 사슬에 고정된 긁개가 이동하면서 석탄을 운반하는 기계로서 채탄막장에서 기본운반설비로 쓰이고있다.

석탄을 수력으로 캐는 경우에는 수채를 4~6°정도로 경사지게 설치하여 물과 함께 운반한다.

3) 지압관리

채탄장에서 석탄을 캐내면 천반이 무너질수 있다. 그러므로 채탄장에 오는 지압을 관리하여야 한다.

이것을 탄광에서는 천반관리 또는 지압관리라고 한다.

채탄장의 지압관리에는 작업공간의 유지와 채굴공간지압관리가 있다.

채탄장에서 작업인원이 작업하는 작업공간은 나무동발, 쇠동발 그리고 종합기계동발로 유지한다.

종합기계동발은 채탄장에서 작용하는 지압을 막을뿐아니라 채탄기와 운반을 위한 콘베아를 이동시키면서 석탄채굴을 기계화할수 있는 탄광설비이다.

종합기계동발에 의한 채탄작업의 종합적기계화는 지금 석탄채굴에서 기본발전추세로 되고있다.

종합기계동발은 크게 기초, 방패부, 지지부, 동발다리, 조종장치로 되여있다.(그림 3-43)

종합기계동발의 특징은 동발이 채탄막장이 전진함에 따라 저절로 나가는것이다.

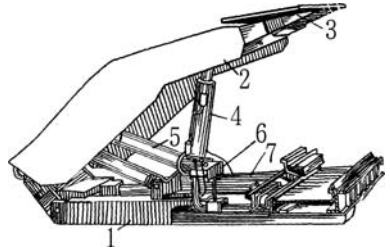



그림 3-43. 종합기계동발

1-기초틀, 2-방패부, 3-들보, 4-유압동발다리, 5-련결대, 6-유압분배기, 7-유압추진기

그림에서 보는바와 같이 들보와 다리 그리고 기초틀이 한데 조립되여있는 매개 부분들은 강력한 유압뽐프에서 보내주는 유압에 의하여 조절되게 되여있다.

채굴공간에서 지압관리는 뒤떨기, 부분충전 또는 완전충전의 방법으로 한다.

뒤떨기방법은 채탄장에서 작업공간은 그대로 두고 그 뒤부분의 천반암석을 무너뜨려서 작업공간에 작용하는 지압을 덜어주는 방법이다.

이때 만일 천반암석이 굳다면 천반에 발파구멍을 뚫고 발파하여 무너뜨린다.

부분충전방법은 채탄장의 천반상태가 나쁠 때 운반 및 통기연층갱도를 보호하기 위하여 한다.

여기서는 채탄장의 일정한 구간을 버럭으로 쌓아 충전띠를 만드는 방법으로 한다.

완전충전방법은 광석을 캘 때의 충전작업과 같은 방법으로 한다.

3. 채탄법

석탄을 캐내는 채탄법에는 준비갱도들을 어떻게 배치하며 어떤 기계설비들을 쓰는가에 따라 여러가지가 있다.

여기서는 현재 탄광들에서 많이 쓰고있는 장주식채탄법, 붕괴식채탄법에 대하여서만 간단히 보기로 한다.

1) 장주식채탄법

이 채탄법은 유연탄층을 캐는 탄광들에서 많이 쓰는 채탄법으로서 탄층의 두께가 얇거나 보통인 때에 적용한다.

장주식채탄법에서는 그림 3-44에서 보는바와 같이 경사진 탄층의 아래쪽에다 운반연층갱도를 뚫고 거기에 콘베아를 설치한다.

그리고 탄층의 웃쪽에다 통기연층갱도를 뚫고 이 두 연층갱도를 분리갱도로 련결한다.

다음 유압식종합기계동발과 채탄기를 설치하여 채탄막장을 만든다.

그러므로 이 채탄법에서 채탄막장의 길이는 두 연층갱도사이의 거리로 되는데 보통 100m정도, 긴것은 300m나 되는것도 있다. 이와 같이 긴 탄벽을 만들어놓고 석탄을 캔다고 하여 이 채탄법의 이름을 장주식채탄법이라고 한다.

그림 3-44. 장주식채탄법
1-운반연층갱도, 2-통기연층갱도, 3-원통식채탄기, 4-막장콘베아, 5-유압식종합기계동발, 6-채탄막장

장주식채탄법에서 석탄은 원통식채탄기나 보습식채탄기로 캐며 드물게 발파로도 캔다. 채탄기가 채탄막장을 오르내리면서 캐낸 석탄은 채탄막장에 설치한 긁개콘베아로 운반연층갱도까지 운반한다.

채탄기가 석탄을 깎으면서 전진하면 유압식종합기계동발이 나가면서 천반을 떠받들어준다. 이때 동발의 뒤공간은 저절로 무너져내린다.

이와 같이 장주식채탄법은 기계화된 종합채탄설비로 석탄을 캐기때문에 생산성과 채취률이 높고 작업이 안전하다. 그러므로 이 채탄법은 우리 나라의 탄광들에서 많이 쓰고있다.

이밖에 전면식채탄법이 있는데 채탄방법은 장주식채탄법과 같으며 다만 채탄장을 준비하는 갱도굴진에서만 차이가 있다.

장주식채탄법에서는 연층갱도들을 다 뚫어놓고 채탄막장이 전진함에 따라 채굴공간쪽에 있는 갱도들을 그대로 두지 않고 다 허물어버린다.

그러나 전면식채탄법에서는 연층갱도들을 미리 뚫지 않고 채탄막장이 전진한 다음 채굴공간쪽에다 연층갱도를 만들면서 유지한다.

그런데 무너진 채굴공간의 암석속에 연층갱도를 배치하고 유지한다는것이 쉬운 일이 아니다.

그러므로 갱도옆에 돌담이나 콩크리트방틀을 쌓아주면서 갱도를 꾸리거나 석탄잔주를 조금씩 남기면서 꾸린다.

이렇게 하면 준비갱도를 뚫지 않아도 채탄작업을 할수 있기때문에 석탄을 인차 캘수 있다. 이것이 바로 이 채탄법의 우점이다.

2) 붕괴식채탄법

이 채탄법은 두꺼운 무연탄층을 자연적으로나 인공적으로 무너뜨려서 석탄을 캐는 방법으로서 탄층은 연약하고 상대적으로 천반암석은 굳다는 특성을 리용하고있다.

붕괴식채탄법에는 여러가지가 있으나 가장 많이 쓰는 채탄법은 중단붕괴식채탄법이다.

중단붕괴식채탄법에서는 무연탄층속으로 오름갱도를 뚫고 여기로부터 주향으로 일정한 높이간격을 두고 여러개의 중단갱도들을 뚫는다.(그림 3-45)

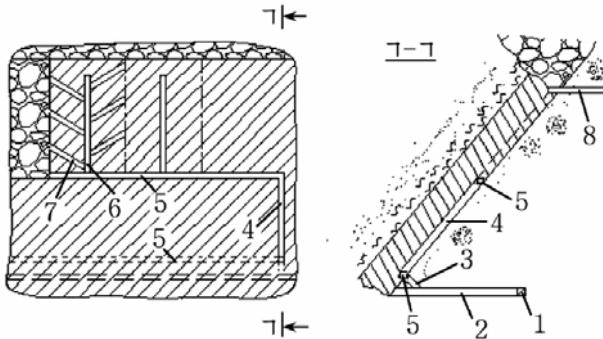



그림 3-45. 중단붕괴식채탄법

1-층단연층갱도, 2,8-가새갱도, 3-저탄갱도, 4-탄층속오름갱도, 5-중단연층갱도, 6-오름갱도, 7-채탄갱도

여기서 석탄채굴은 제일 웃수준의 중단으로부터 시작한다.

중단연층갱도에서 동발을 풀면 우에 있는 석탄이 무너져내리는데 이

것을 콘베아에 싣기만 하면 된다.

석탄은 콘베아로 운반되여 오름갱도로 떨어지며 아래수준의 연층갱도에서 탄차에 실려 밖으로 나온다.

웃수준의 중단연층갱도가 일정한 거리만큼 퇴각한 다음 그 아래수준의 중단에서 석탄채굴에 착수한다.

붕괴식채탄법은 석탄의 채취와 운반이 쉽고 천반관리공정이 따로 없기때문에 로동생산능률이 매우 높다.

그러나 채취률이 낮은것이 결함인데 그것을 개선하기 위한 방향에서 더 연구하고있다.

제6절. 갱운반

1. 운반에 대한 개념

탄광과 광산들에서 캔 광석과 석탄, 버럭 그리고 자재와 설비들은 운반공정을 거쳐서 해당한 곳으로 가게 되며 로동자들도 운반설비를 리용하여 오고가게 된다.

광산과 탄광들에서 운반공정은 가장 힘들고 품이 많이 드는 작업공정의 하나이다. 동시에 기본생산공정의 하나로 되고있다.

광석과 석탄을 캐내는 깊이가 점차적으로 깊어지면서 운반거리가 점점 멀어지기때문에 운반문제는 중요한 문제로 나선다.

운반작업에서는 채굴막장에서 캔 광석과 석탄을 해당한 목적지까지 운반하며 광산과 탄광들에서 쓰이는 설비와 자재들을 갱안의 필요한 곳에 운반한다. 또한 막장에서 나오는 버럭을 버럭장까지 운반하며 사람들의 통행을 보장한다.

그러므로 광석과 석탄을 아무리 많이 캐내여도 이것을 제때에 운반하지 못하여 많이 쌓이게 되면 더는 캐낼 필요가 없게 된다. 때문에 광산과 탄광들에서 운반작업이 쉬임없이 잘 진행되게 하는것은 광석과 석탄생산을 늘일수 있게 하는 중요한 조건으로 된다.

1) 운반계통

광산과 탄광들에서 운반계통이라고 하면 채굴막장에서 캔 광석과 석탄을 운반하는것으로부터 시작하여 그것을 밖으로 내갈 때까지 련속적인 운반공정을 말한다.

광산과 탄광들에서 캔 광석과 석탄을 밖으로 내가는 과정은 복잡한 과정을 거치게 되는데 그것은 광산, 탄광들에서 운반통로로 되는 갱도들이 복잡하게 배치되여있기때문이다.

운반계통은 광석과 석탄이 놓여있는 상태에 따라 그것을 어떤 방법으로 캐내는가에 의하여 달라진다. 그러나 일반적인 채굴막장에서 캐는 광석과 석탄은 막장운반을 거쳐서 연층갱도와 기본운반갱도 그리고 그와 련결된 통동갱, 수직갱, 사갱 등을 거쳐서 밖으로 내오게 된다.

례를 들어 통동갱으로 개발한 경우에는 채굴막장에서 캔 광석이나 석탄을 운반연층갱도와 가새갱도를 거쳐 통동갱으로 지표까지 운반하며 사갱으로 개발한 경우에는 사갱으로, 수직갱으로 개발한 경우에는 수직갱으로 운반한다.

그러나 앞에서도 본바와 같이 광체나 탄층은 그 어느 한가지 개발법만으로 개발하기 힘들기때문에 많은 경우 련합식개발법으로 개발하는 조건에서 이런 경우 채굴막장에서 캐낸 광석과 석탄은 여러 단계의 운반공정을 거쳐서 밖으로 운반한다.

수직갱으로 개발한 어느 한 탄광의 운반계통을 보면 그림 3-46과 같다.

그림에서 보는바와 같이 채탄막장에서 캔 석탄은 긁개콘베아에 실려 운반연층갱도까지 나오며 여기서 다시 벨트콘베아나 긁개콘베아에 실려 오름갱도까지 온다.

오름갱도에서는 다시 벨트콘베아에 실려 주요운반연층갱도까지 온다.

여기까지 운반한 석탄은 전차나 벨트콘베아에 실려 수직갱까지 오며 여기서는 스키프에 실려 밖으로 나와 석탄전복장을 거쳐서 다시 벨트콘베아에 실려 선탄장으로 들어가 용도별로 갈라져 저탄장에 쌓인다. 이처럼 채탄막장에서 캔 석탄이 밖에까지 나오자면 복잡한 운반계통을 거치게 된다.

그림 3-46. 탄광운반계통
1-막장콘베아, 2-연층갱도콘베아, 3-오름갱도콘베아, 4-수직권양, 5-전복기, 6-지표벨트콘베아, 7-선탄장, 8-저탄장, 9-버럭산, 10-권양탑

그러므로 운반계통을 단일화하고 석탄운반의 콘베아화를 실현해야 한다.

2) 운반방법

운반방법은 어떤 운반기계를 쓰는가에 따라 나누는데 갱내운반에서는 운반기계로 스크레빠, 콘베아, 전차, 스키프 및 케이지 등을 쓴다.

따라서 운반기계로 콘베아를 쓰면 콘베아운반, 전차를 쓰면 전차운반, 스키프를 쓰면 스키프운반이라고 부른다.

운반연층갱도나 가새갱도에서는 주로 전차운반과 벨트콘베아운반을 진행하며 통동갱에서는 전차나 벨트콘베아 및 자동차로 운반을 진행한다.

그리고 경사각이 25°까지인 완만한 사갱에서는 벨트콘베아운반이나 광차에 의한 권양운반을 진행하며 경사각이 45~90°까지인 급경사갱이나 수직갱에서는 스키프나 케이지로 운반한다.

이밖에 수력채탄을 하는 탄광들에서는 수력으로도 운반한다.

2. 콘베아운반

콘베아운반은 광산과 탄광들에서 광석과 석탄을 운반하는 중요한 운반방법으로서 적은 동력으로 짐을 련속적으로 빨리 운반하기때문에 생산성이 높고 고장이 적다.

콘베아운반에서는 긁개콘베아와 벨트콘베아 그리고 관콘베아 등을 운반수단으로 리용한다.

1) 긁개콘베아

긁개콘베아는 긁개가 달린 사슬이 철판수채안에서 운동하면서 짐을 운반하는 운반기계로서 수평 또는 완경사탄층의 채탄막장에서 석탄이나 버럭을 운반하는데 쓴다.

긁개콘베아에서는 끄는 쇠사슬이 한줄로 된 한줄사슬긁개콘베아와 끄는 사슬이 두줄로 된 두줄사슬긁개콘베아가 있다.

우리 나라에서 생산하여 쓰고있는 긁개콘베아의 실례로 《긁개사슬-60》과 《긁개사슬-120》, 《긁개사슬-150》을 들수 있다.

긁개사슬이 한줄로 된 《긁개사슬-60》은 주로 무연탄광들에서 쓰는데 수평으로 한시간동안에 60t의 석탄을 70m까지 운반할수 있다.

그리고 긁개사슬이 두줄로 된《긁개사슬-150》은 유연탄광들에서 쓰는데 수평으로 한시간동안에 150t의 석탄을 100m까지 운반할수 있다.

긁개콘베아는 크게 전동머리부, 긁개가 달린 끌사슬, 수채렬, 조임장치가 있는 꼬리부 등으로 되여있다.(그림 3-47)

전동머리부는 긁개가 달린 끌사슬을 끄는 부분으로서 전동기, 카프링, 감속기, 사슬바퀴가 있는 주동사슬바퀴로 되여있다. 여기에는 짐을 운반할수 있게 수채가 고정되여있다.

긁개가 달린 끌사슬은 짐을 수채를 따라 긁어서 운반하는 부분으로서 전동머리부와 꼬리부에 있는 전동원통의 사슬바퀴를 따라서 운동한다.

그림에서 보는바와 같이 전동기를 돌리면 회전운동이 카프링을 거쳐 감속기에 전달되는데 회전속도를 1단 또는 2단 등 여러개의 단을 거쳐서 낮출수 있다. 그러므로 여기서 회전속도를 낮추어 주동사슬바퀴를 돌려준다.

그림 3-47. 긁개콘베아
1-전동머리부, 2-꼬리부, 3-사슬, 4-긁개, 5-수채렬

주동사슬바퀴가 돌아가면 끌사슬이 사슬바퀴의 이발들과 맞물려돌아간다. 이렇게 되여 끌사슬에 일정한 간격으로 배치되여있는 긁개들이 수채를 따라 석탄을 운반한다.

긁개콘베아의 우점은 다음과 같다.

① 탄캐기작업의 종합적기계화와 현대화를 실현할수 있다.

② 짐을 련속적으로 운반할수 있다.

③ 바닥이 고르롭지 못하고 설치선이 약간 구부러져도 작업할수 있으며 설치경사각이 크다.

④ 수채렬의 길이를 늘이거나 줄이는데 아주 간편하므로 운반거리에 맞게 콘베아의 길이를 쉽게 조절할수 있다.

⑤ 수채의 높이가 낮으므로 짐을 싣기가 편리하며 조립된 상태에서 이설할수 있다.

긁개콘베아는 우점이 있는 반면에 결함도 있다.

① 다른 콘베아보다 운동하는 부분의 단위길이당 질량이 크다.

② 쇠사슬, 긁개와 수채가 세게 마모되고 그것들사이의 마찰에 의한 동력소비가 크다.

③ 사슬이 큰 동력학적짐을 받기때문에 짐이 도중에 부스러지는 현상이 생긴다.

2) 벨트콘베아

벨트콘베아는 지하채굴하는 광산, 탄광들에서 널리 쓰이는 운반설비중의 하나이다.

경애하는 장군님의 현명한 령도에 의하여 검덕광업련합기업소와 룡등탄광의 갱내에 장거리벨트콘베아가 훌륭히 건설되였다. 그리하여 지하막장에서 캐낸 광석이나 석탄을 지표에 있는 선광장이나 저탄장으로 대량운반하고있다.

검덕광산에 설치한 대형장거리벨트콘베아의 한 전동실과 다른 전동실까지의 거리는 1 528m, 또 이로부터 다른 전동실까지의 거리는 3 718m나 되며 룡등탄광의 갱내에 설치한 장거리벨트콘베아의 전체운반거리는 4.4km나 된다.

우리 나라의 광산, 탄광들에서 널리 쓰고있는 벨트콘베아로는 《운벨-800/100》, 《운벨-950/100》, 《운벨-1 000/100》 등을 들수 있다.

《운벨-800/100》벨트콘베아는 한시간동안에 180t의 석탄을 100m까지 운반할수 있는데 벨트의 너비는 800mm, 전동기의 출력은 32㎾이다. 그리고 《운벨-1 000/100》벨트콘베아는 한시간동안에 250t의 석탄을 100m까지 운반할수 있는데 벨트의 너비는 1 000mm이고 전동기의 출력은 40~50㎾이다.

검덕광업련합기업소의 장거리벨트콘베아에서 벨트의 너비는 1 400mm이다.

3) 판콘베아

판콘베아는 최근에 와서 광산, 탄광들에서 널리 쓰이기 시작한 콘베아들중의 하나이다.

판콘베아는 철판 혹은 합성수지로 된 짐지지틀과 사슬끌기장치로 되여있는 콘베아이다.

3. 전차운반

전차운반이란 레루우를 달리는 운반설비로 운반을 보장하는것을 말한다.

광산, 탄광들에서 전차운반을 널리 쓰고있는 리유는 이 운반방법이 다른 운반방법에 비하여 운반량이 많으면서도 건설비용과 운반비용이 적기때문이다.

전차운반은 광산, 탄광의 수평갱도와 느린 경사갱도(보통 3°이하)에서 기본운반수단으로 되고있다.

전차운반설비는 철길, 광차 또는 탄차, 끄는 설비와 전차 그리고 교류를 직류로 바꾸어 전차에 공급하는 견인변전소로 이루어져있다.

1) 철길

철길은 쇠바퀴식운반설비들을 지지해주고 운동방향을 잡아주며 그로부터 오는 모든 힘을 침목에 전달하는 역할을 한다. 그러므로 철길은 전차운반의 믿음성과 안전성을 보장하는데서 중요한 의의를 가진다. 때문에 레루를 정확히 선택하고 철길을 더 잘 놓고 관리하면 전차운반거리가 멀어지고 광차나 탄차, 전차를 비롯한 운반설비들이 대형화, 현대화되여가고있는 현실조건에서 운반설비들의 능력을 높이고 생산을 정상화할수 있다.

철길이라고 할 때에는 레루, 침목, 자갈층, 로반을 통털어 말하게 된다.

레루는 광차나 탄차, 전차가 달릴 때 구부림을 받으며 바퀴에서 받은 압력을 침목에 전달하는 역할을 한다. 그리고 침목은 레루를 받들고 있으면서 광차나 탄차가 지나갈 때 레루로부터 받는 압력을 넓은 면적으로 로반에 전달한다.

침목에는 나무침목, 콩크리트침목이 있는데 나무침목은 운반연층갱도들에서 쓰고 기본운반갱도들에서는 콩크리트침목을 써야 한다.

자갈층은 렬차로부터 침목이 받는 압력을 로반의 넓은 면에 고르롭게 전달하며 바퀴가 레루를 충격할 때 받는 힘을 완화시킨다.

로반은 전차 또는 광차나 탄차가 지나갈 때 침목으로부터 받는 압력을 넓은 갱도바닥에 전달하며 철길을 견고하게 유지한다. 로반은 물이 잘 흐르도록 세로 및 가로방향으로 약간 경사지게 한다.

부설된 레루의 안쪽 머리부사이의 간격을 궤간이라고 하는데 이 궤간은 보통 600mm, 760mm, 900mm이다. 운반능력을 더 늘이려고 할 때에는 그 이상 할수도 있다.

우리 나라의 광산, 탄광들에서는 600mm 궤간을 많이 쓰고있다.

광차의 바퀴에는 광차가 레루에서 벗어나지 못하게 바퀴에 턱을 만드는데 이 턱이 레루의 안쪽면에 놓이여 마찰을 높여줌으로써 잘 돌아가지 않을수 있거나 빨리 마모되기때문에 레루를 직선부분에서는 10mm, 곡선부분에서는 15~20mm정도 광차의 궤간보다 넓혀야 한다.

레루의 곡선부에서는 원심력에 견디기 위해 바깥쪽 레루를 약간 높여준다. 만일 바깥쪽의 레루를 높이지 않으면 전차가 곡선부를 돌아갈 때 바깥쪽으로 넘어지게 된다.

곡선구간에서 곡률반경이 지나치게 작으면 광차나 탄차가 탈선되거

나 큰 운동저항힘을 받게 된다. 그러므로 곡률반경은 광차의 속도에 의하여 정하게 된다.

전차의 속도가 1.5m/s이하일 때에는 최소곡률반경을 전차바퀴축간거리의 7배이상으로 하며 전차의 속도가 1.5m/s이상일 때에는 전차바퀴축간거리의 10배이상으로 한다.

2) 광차(또는 탄차)

광차나 탄차는 광산, 탄광들에서 널리 쓰이는 없어서는 안되는 기본운반설비이다. 그러므로 광석과 석탄생산을 늘이기 위하여서는 광차와 탄차의 수를 늘이는것과 함께 그의 형과 질을 개선하며 잘 관리하고 운영하여야 한다.

광산과 탄광들에서 쓰이는 광차나 탄차의 기본형은 광석과 석탄 그리고 버럭을 운반하는 짐차이다.

광차는 적재함의 크기, 구조에 따라 나누는데 크기에 따라 소형 ($1.25m^3$까지), 중형(1.25~$2.8m^3$까지), 대형($2.8m^3$이상)으로, 구조에 따라 적재함을 방틀에 고정시킨 광차, 적재함을 방틀에 고정시키지 않은 광차, 짐을 부리는 방법에 따라 비전복식광차, 옆면전복식광차, 밑바닥이 열리는 광차, 옆면자동적하광차로 나눈다.(그림 3-48)

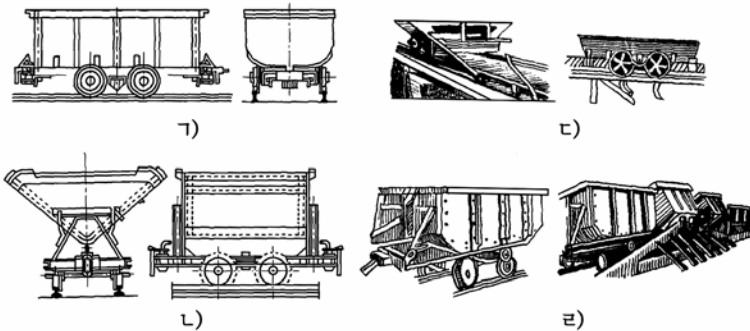



그림 3-48. 광차

ㄱ-비전복식광차, ㄴ-옆면전복식광차, ㄷ-바닥이 열리는 광차, ㄹ-옆면자동적하광차

광산, 탄광들에서 많이 쓰고있는 광차는 비전복식광차인데 이것은 광차를 전복시켜 짐을 부리우게 되였다.(그림 3-48의 ㄱ)

광차를 전복시킬 때에는 광차전복기를 쓰는데 전복기안에 광차가 들어가며 완전히 한번 돌아서 제자리에 놓이게 함으로써 광석과 석탄을 쏟게 되여있다.

열면전복식광차는 적재함을 옆으로 제끼게 되여있다.(그림 3-48의 ㄴ)

밑바닥이 열리는 광차는 선로옆에 있는 지지틀에 의하여 지지대가 돌아가면 바닥이 저절로 열리고 저광사에 설치된 경사판에 의하여 바닥이 닫기면서 정상상태로 된다.(그림 3-48의 ㄷ)

이것은 광차가 움직이면서 광석과 석탄을 부리기때문에 생산성이 매우 높다.

또한 옆면자동적하광차는 레루의 옆에 있는 든든한 이끌음장치의 로라에 의하여 적재함만 기울어진다. 이때 지레대가 적재함의 옆면을 열어주므로 광석과 석탄이 쏟아지게 된다.(그림 3-48의 ㄹ)

광산과 탄광들에서는 운반량과 운반조건에 맞게 광차(탄차)의 형을 규정하게 된다.

광차는 쓰기 전에 기술검사를 해야 하며 부속품의 련결상태, 고정상태, 기름친 상태를 구체적으로 조사해야 한다.

그리고 광차의 적재함안에 붙은 돌가루나 탄가루를 자주 털어주어야 한다.

이러한 요구를 잘 지켜 광차의 리용률을 높이고 그의 수명을 늘여야 한다. 이밖에도 사람을 싣고 운반하는 인차가 있다.

3) 인차

인차의 종류에는 수평갱도에서 쓰는 수평갱도용인차와 경사갱도에서 쓰는 경사갱도용인차가 있다.

인차는 사람을 운반하는 설비이므로 반드시 여기에는 안전장치가 있어야 하며 필요한 때 안전하게 세울수 있는 제동장치가 잘되여있어야 한다.

수평갱도용인차는 크게 방틀, 주행부, 지붕, 벽, 의자, 조명장치 등으로 되여있다.

방틀은 지붕과 벽, 의자를 비롯한 설비들이 놓이는 부분으로서 여기에는 인차와 인차를 련결할 때 쓰는 련결장치와 완충장치 및 안전장치가 있다.

주행부는 2개의 대차로 되여있는데 틀은 인차가 달릴 때 들추지 않도록 용수철에 의하여 매달려있고 레루우를 달리는 바퀴가 조립되여 있다.

경사갱도용인차는 쇠바줄권양시설에 의하여 갱도를 오르내린다.

경사갱도용인차도 그 구조는 수평갱도용인차와 같은데 다만 갱도가 수평이 아니라 경사졌기때문에 사람들이 인차를 타고 내려갈 때 항상 수평으로 앉아있게 의자를 놓았으며 안전제동장치가 철저히 되여있다.

경사갱도용인차에 쓰는 안전제동장치에는 갈구리식과 집게식이 있다.

갈구리식제동장치에는 견고하면서도 무거운 갈구리가 인차의 뒤부분에 있는 축에 접철로 련결되여있는데 이 갈구리들은 정상상태에서는 항상 들려있다.

그러므로 만일 쇠바줄이 끊어지면 갈구리의 날이 레루선로에 있는 침목에 걸리면서 점차적으로 멎게 되여있다.

집게식제동장치에는 집게가 인차의 가운데부분의 아래쪽에 설치되여있다. 그러므로 만일 쇠바줄이 끊어지면 레루선로의 량쪽에 있는 집게가 침목에 박히면서 멎게 되여있다.

경사갱도용인차의 운행속도는 운반거리가 300m이하일 때에는 3.5m/s이하로, 그 이상의 거리에서는 5m/s이하로 하여야 한다.

인차를 타고 갱으로 오고갈 때에는 심한 자극성물질을 가지고 다니지 말아야 하며 먼지 및 석탄가스의 폭발위험성이 있는 탄광인 경우에는 절대로 라이타나 성냥을 가지고 다니지 말아야 한다.

또한 인차는 운전공의 신호에 의해서만 움직여야 하며 제정된 제도와 질서를 엄격히 지켜야 한다.

4) 전차

전차는 광산, 탄광의 수평갱도와 느린 경사갱도에서 광석과 석탄을 운반하는 기본운반수단의 하나이다.

또한 전차로는 자재와 설비, 사람을 운반한다.

전차운반은 다른 운반설비에 비하여 전차대수를 늘이는데 따라 운반능력을 높일수 있으며 설비가 단순하고 운반에서 믿음성이 있으며 운반비가 적은 우점이 있다.

전차는 전력공급방식에 따라 접촉식전차, 축전지식전차로, 전차의 질량에 따라 소형전차(5t이하), 보통형전차(5~10t), 대형전차(10t이상)로 나눈다.

접촉식전차란 우리가 늘 보거나 타고다니는 기차나 궤도전차와 같이 공중에 늘인 전차선으로부터 전류를 공급받아 움직이는 전차를 말한다.

접촉식전차의 작용원리를 보면 다음과 같다.(그림 3-49)

그림에서 보는바와 같이 공중에 늘인 선로로는 +의 전기가 흐르고 레루로는 -의 전기가 흐르게 된다.

전차를 움직이려고 수전기를 전차선에 접촉시키면 전기회로가 이루어지게 된다. 회로가 이루어지면 전기가 흘러 전동기가 돌게 되며 이때 변속기를 동작시키면 전차바퀴가 돌게 된다.

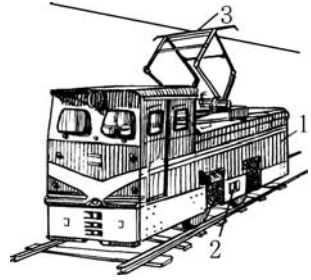



그림 3-49. 접촉식전차
1-차틀, 2-축함, 3-수전기

접촉식전차에서는 저압전류를 쓰는데 그의 전압은 250V이다.

접촉식전차에는 《광전차-3》, 《광전차-5》, 《광전차-7》, 《광전차-10》 등이 있다.

축전지식전차는 전차에 설치된 축전지로부터 전류를 공급받아 움직이는 전차이다.

축전지식전차에는 《광축차-3》, 《광축차-5》, 《광축차-7》, 《광축차-10》 등이 있다.

접촉식전차는 축전지식전차에 비하여 구조가 간단하고 쓰기가 편리하며 광석과 석탄을 많이 운반하면서도 전력소비가 적고 속도가 빠르다. 그러므로 광산과 탄광들에서는 접촉식전차를 많이 쓰고있다. 그러나 전차선과 레루에서 불꽃이 일어나기때문에 가스탄광에서는 쓸수 없다.

그러므로 이런 탄광에서는 축전지식전차를 쓰는데 공중에 전기줄을 늘이지 않아도 되므로 편리하다.

전차는 크게 기계설비와 전기설비로 되여있다.

전차의 기계설비는 틀(차체), 완충장치와 련결장치, 주행부(바퀴쌍과 축함), 용수철현수장치, 제동장치와 모래뿌리는 장치 및 조종장치로 되여있다.

전차의 틀은 모든 기계설비, 전기설비들이 조립되는 부분이다.

완충장치는 운행도중 전차가 받는 앞뒤방향의 타격힘을 약화시키기 위한 사명을 가지고있다. 련결장치로는 전차와 광차를 련결한다.

주행부는 바퀴쌍, 축함, 판용수철 또는 라선용수철로 되여있다.

용수철현수장치는 고르롭지 못한 레루선로에서 전차가 달릴 때와 레루련결부를 지날 때 생기는 충격을 완화시키며 전차의 질량의 바퀴들에 고르롭게 나누어준다.

용수철은 전차의 틀을 축함우에 지지하여줌으로써 전차가 달릴 때 축함의 지지점에 오는 충격을 완화시키는 역할을 한다.

전차의 제동장치는 전차를 멈추거나 경사진 레루선로를 따라 내려갈 때 속도를 제한하기 위하여 쓴다.

모래뿌리는 장치는 눈이 올 때와 경사지를 달릴 때 전차가 미끄러지지 않게 하기 위하여 레루우에 모래를 치는 장치이다.

전차의 전기설비는 견인전동기와 견인기구 그리고 조명기구로 되여있다.

전차의 앞뒤에는 두개의 직류전동기가 설치되여있다.

견인전동기는 밀페되여있으며 본체는 기본틀에 든든히 설치되여있다.

전차를 운전할 때에는 먼저 수전기구를 전차선에 접촉시킨 다음에 기동시킨다.

이 작업이 끝나면 두 원통의 손잡이를 0자리로부터 점차 접촉단수가 증가되게 돌려놓아야 한다.

제동할 때에는 수전기구를 전차선에서 떼고 제어기의 손잡이를 0상태로 돌려놓아야 한다. 그리고 전차를 후진할 때에는 두 원통의 손잡이를 반대로 투입하여야 한다.

레루에 눈이 쌓이거나 습기가 있을 때와 경사지를 달릴 때에는 모래를 뿌려야 한다.

전차에는 전차가 끌수 있을 정도의 광차나 탄차를 련결하여야 하며 지나치게 많이 련결하지 말아야 한다. 이때에는 광차의 련결고리와 핀의 안정상태를 정확히 확인하여야 한다.

그리고 사람들의 통행이 복잡한 곳에서는 속도를 낮추어야 한다.

전차의 운반생산성과 리용률을 높이기 위해서는 짐을 싣고부리는 작업을 빨리 하며 전차가 한번 왔다가는 시간을 줄여야 한다.

이렇게 하자면 전차의 운행조직을 잘하여야 한다.

전차의 운행조직을 잘하기 위해서는 운반해야 할 짐의 량과 거리에 따라 전차와 광차대수를 정확히 타산하며 전차운반과 련결된 운반설비들의 능력을 높여야 한다.

4. 권양운반

권양운반이란 권양설비로 쇠바줄끝에 맨 용기를 리용하여 짐을 운반하는것을 말한다.

권양운반은 수직갱이나 사갱들로 개발한 광산, 탄광들에서 갱안과 지표를 련결하는 중요한 운반방법으로서 광석과 석탄, 사람과 자재, 설비를 운반하는데 쓴다.

권양운반은 짐을 무엇으로 운반하는가에 따라 달라지는데 스키프로 운반할 때에는 스키프운반이라고 하며 케이지로 운반할 때에는 케이지운반이라고 한다.

스키프운반은 광석을 운반하는데 쓰며 케이지운반은 사람, 자재, 설비, 버럭 등을 운반하는데 쓴다.

1) 권양운반설비

권양운반설비는 크게 권양탑, 권양쇠바줄, 권양용기, 권양기 등으로 이루어져있다.(그림 3-50)

(1) 권양탑

삭도탑우에 길쇠바줄을 받들어주기 위한 부채모양의 받치개와 안내도르래 그리고 받침도르래가 있듯이 권양탑우에서 길잡이도르래, 짐부림곡선자리길이 설치되며 케이지안장설비들이 유지된다. 또한 여러 바줄마찰도르래식권양설비의 권양탑우에는 권양기를 설치한다.

그림 3-50. 권양설비
1-권양기, 2-권양탑, 3-안내도르래, 4-쇠바줄, 5-용기

권양탑은 철재, 철근콩크리트 및 나무로 만든다.

나무로 만든 권양탑은 림시권양탑으로 쓰고있으며 갱도의 가행기간이 비교적 짧은데서와 굴진용림시권양설비에서 쓴다.

권양탑은 각추식과 각주식형태로 만든다.

(2) 권양쇠바줄

삭도설비에서 쇠바줄이 바가지를 지지하여주는 지지바줄과 바가지를 끄는 끌바줄로 쓰인다면 권양설비에서 권양쇠바줄은 끌바줄로만 쓰인다. 그러므로 권양쇠바줄은 권양능력을 규정하며 권양운반작업의 안전성을 특징짓는다.

권양설비에 쓰이는 쇠바줄은 대부분 당김세기한계가 1 300~1 900 MPa이다.

이가운데서도 사갱권양설비에서는 1 300~1 600MPa, 보통 깊이의 수직갱권양설비에서는 1 600~1 800MPa, 권양깊이가 깊은 수직갱에서는 1 800~1 900MPa인것을 쓴다.

(3) 권양용기

권양용기는 구조에 따라 스키프, 케이지, 광차, 권양통, 련합식용기로 나눈다.

스키프는 짐을 부리우는 방법에 따라 바닥이 열리는 스키프, 전복식스키프, 뒤벽이 열리는 스키프로 나눈다.

경사각이 30°까지인 갱도에서는 바닥이 열리는 스키프를 쓰는것이 좋다.

바닥이 열리는 스키프는 다른 두개의 형에 비하여 구조가 간단하다. 특히 배광장치가 간단하기때문에 현대화하기가 쉽다.

케이지는 사람과 보조물동량 즉 자재와 설비, 버럭 등을 운반하는 보조권양용기이다.

케이지는 비전복식과 전복식이 있는데 주로 비전복식케이지를 많이 쓰고있다. 비전복식케이지는 한층 또는 여러층으로 만드는데 한층의 높이는 1.8m이다.

권양통은 수직갱을 굴진할 때 사람, 버럭과 자재를 운반하기 위한 권양용기이다.

(4) 권양기

권양기는 권양설비의 기본부분으로서 여기에는 기본틀, 전동기, 감속기, 원통, 제동장치, 조종기구 및 보호기구부분 등 기계부분이 있으며 그밖에 전기장치부분이 있다.(그림 3-51)

그림 3-51. 권양기의 구조
1-전동기, 2-카프링, 3-감속기, 4-치차카프링, 5-미끄럼베아링, 6-깊이지시기, 7-제동기, 8-원통, 9-조종손잡이

바줄원통은 회전하면서 쇠바줄을 감거나 풀어주는 역할을 한다.

감속기는 권양작업에서 보다 합리적인 권양속도를 보장하여준다.

권양작업에서 운반능력을 높이려면 권양속도를 합리적으로 설정하고 권양기의 작업특성에 맞게 잘

조절해야 한다. 이러한 조절을 감속기로 한다.

권양기에 쓰는 감속기로는 보통 2단 또는 3단감속기를 쓴다.

제동장치는 권양기의 권양속도를 조절하거나 권양기를 기동 및 제동하는데 쓰인다. 이와 같은 제동기를 작업제동기라고 한다.

이밖에 안전제동기가 있는데 이것은 정전사고, 전동기의 과부하상태, 권양용기의 과권양상태, 과속도 등의 비정상적인 상태에서 자동적으로 동작한다. 안전제동기가 동작하면 권양기는 멎는다.

깊이지시기는 수직갱과 사갱권양설비에서 권양용기의 위치를 운전공에게 알려주며 접수장에로 권양용기가 접근하는것을 신호로 알려주는 기구이다.

우리가 광산, 탄광들에서 흔히 보게 되는 권양기에는 한개 또는 두개의 쇠바줄원통이 있다.

한개의 쇠바줄원통을 쓰는 권양기를 단동권양기라고 하는데 이것은 한개의 경사갱도(사갱)에서 나오는 광석과 석탄을 끌어올리는데 쓴다.

두개의 쇠바줄원통을 쓰는 권양기를 복동권양기라고 하는데 이것은 여러개의 채굴수준에서 나오는 광석을 한개의 갱도를 거쳐 권양할 때 쓰는 권양기로서 현재 광산, 탄광들에서 많이 쓰고있다.

우리 나라에서 생산하여 리용하고있는 단동권양기에서 끄는 힘은 13 000~50 000N이고 견인속도는 2.4~3.1m/s이며 쇠바줄의 직경은 17~25mm, 길이는 520~2 020m이다.

그리고 전동기의 출력은 40~230㎾이다.

복동권양기에서 끄는 힘은 10 000~50 000N이고 견인속도는 2.4~3.7m/s이며 쇠바줄의 직경은 18.5~37mm, 길이는 380~545m이다. 그리고 전동기의 출력은 75~230㎾이다.

2) 스키프운반

스키프운반에서는 광석을 스키프에 담아올린다. 중계장에 광석을 실은 렬차가 도착하면 개별적광차들을 추진기로 전복기에 보내여 갱내저광사에 광석을 부린다.

저광사의 광석은 급광장치를 거쳐 스키프에 담기여 권양된다.(그림 3-52)

이때 스키프는 수직갱에 설치한 유도대를 따라 움직인다.

권양된 광석은 웃접수장에 있는 지표저광사에 부리워지고 다음에 지표운반계통을 거쳐 운반된다.

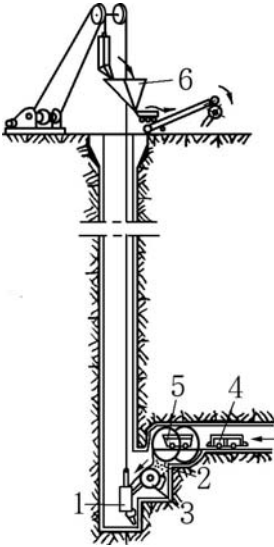



그림 3-52. 스키프권양설비
1-스키프, 2-갱내저광사,
3-급광장치, 4-광차,
5-전복기, 6-지표저광사

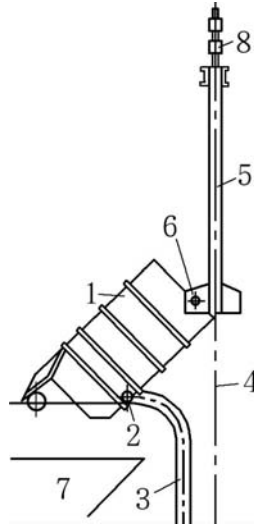



그림 3-53. 전복식스키프
1-스키프통, 2-안내로라,
3-배광곡선궤도(짐부림곡선궤도),
4-유도대, 5-유도턱, 6-지지축,
7-저광사, 8-쇠바줄

그림 3-53에는 어느 한 수직갱에 설치한 전복식스키프가 웃접수장에서 전복되는 상태를 보여주었다.

스키프운반은 손작업이 거의 없으며 케이지운반에 비하여 운반량이 많다.

따라서 스키프권양설비는 광석과 석탄을 운반하는 주요권양설비로 쓰이고있다.

스키프운반은 수직갱에서만 쓰이는것이 아니라 사갱에서도 쓰인다. 사갱에서 쓸 때에는 레루우에서 움직일수 있게 스키프에 바퀴를 달아준다.

사갱스키프의 최대속도는 갱도의 길이가 300m까지에서는 5m/s, 그 이상의 길이에서는 7m/s까지 하는것이 좋다.

일반적으로 스키프운반의 우점은 아래와 웃수준에 큰 저광사를 설치

하므로 생산의 불균형에는 관계없이 생산을 정상화할수 있고 케이지에 비하여 권양용기의 구조가 간단하며 짐을 싣고부리는 작업을 완전히 자동화할수 있다는것이다.

그러나 결함은 반드시 보조권양설비인 케이지권양설비가 요구되며 광석과 버럭을 동시에 운반하기가 곤난한것이다.

3) 케이지운반

케이지운반에서는 케이지속에 광차를 그대로 밀어넣고 거기에 쇠바줄을 련결하여 오르내리면서 짐을 운반한다.(그림 3-54)

케이지에 광차를 밀어넣고 그속에 있는 광차를 빼내는 작업은 힘든 일이며 많은 시간을 요구한다.

때문에 이 작업을 쉽게 하고 멎는 시간을 단축하여 케이지의 운반생산성을 높이기 위해서는 반드시 이 부분을 기계화하여야 한다.

케이지에는 사람을 태우기때문에 안전시설을 믿음성있게 하는것이 중요하다.

그러므로 케이지에서 중요한것은 안전멈추개이다.

안전멈추개는 케이지의 쇠바줄이 끊어졌을 때 떨어지는 케이지를 정확하고 안전하게 멈추기 위한 안전장치이다.

안전멈추개에는 나무유도대용, 레루유도대용, 쇠바줄유도대용안전멈추개가 있다.

그림 3-54. 케이지권양설비
1-케이지, 2-광차, 3-전복기

케이지운반의 우점은 광석과 자재, 설비 그리고 사람도 운반할수 있다는것이다.

결함은 케이지에 있는 광차를 꺼내는 작업이 힘들고 시간이 많이 요구된다는것이다.

제7절. 갱내통기, 배수 및 동력공급

1. 갱내통기

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《갱막장에서도 신선한 공기를 마시면서 일하도록 온갖 대책을 세워야 하겠습니다.》

갱내공기는 지표면에 있는 대기와 얼마간의 차이가 있다.

갱내공기에는 광체나 석탄층에서 나오는 이산화탄소, 일산화탄소, 메탄가스 그리고 발파할 때 나오는 가스 등이 포함되여있다.

이렇게 갱내공기에는 여러가지 가스들이 섞이게 되는데 이러한 가스들은 사람들에게 나쁜 영향을 줄뿐아니라 갱내공기가운데서 산소가 차지하는 비률이 줄어들게 되므로 사람들의 활동에도 나쁜 영향을 준다.

갱내의 공기속에는 산소가 19%이상 들어있어야 하며 질식성, 폭발성가스량과 먼지량이 허용값보다 낮아야 한다.

그러므로 지하채굴할 때에는 갱도굴진 및 채굴막장들에 충분한 공기를 보내주기 위한 통기계통이 이루어져야 한다.

광산, 탄광들에서는 갱안에 공기를 보내기 위하여 공기를 들여보내는 갱도와 공기를 빨아내는 갱도가 따로 있어야 한다.

1) 통기방법

광산, 탄광들에서는 갱안에서 일하는 로동자들의 건강을 보호하고 사고를 미리막기 위하여 필요한 공기량을 보내주어야 한다.

갱내에 필요되는 공기량을 어떤 방법으로 들여보내겠는가 하는 문제가 나선다. 갱내에 공기를 들여보내기 위하여서는 공기에 압력을 주어야 하는데 그 방법에는 자연적인 방법과 기계적인 방법이 있다.

(1) 자연적인 통기방법

자연적인 통기란 갱입구들의 높이차이와 바람에 의하여 자연적으로 공기를 갱안으로 주입시키는 방법을 말한다.

자연통기는 갱내공기의 밀도와 갱밖의 공기의 밀도차에 의하여 진행된다. 자연통기를 할 때에는 공기가 들어가는 갱도의 수준과 공기가 빠져나가는 갱도의 수준차이가 커야 통기가 잘된다.

자연통기는 흔히 공기압력이 그리 크지 못하기때문에 매개 채굴장과 굴진막장에 충분한 공기를 보내지 못한다.

그러므로 가능한대로 기계적인 통기를 하여야 한다.

(2) 기계적인 통기방법

기계적인 통기란 통풍기를 설치하여 통기하는것을 말한다.

통풍기에 의한 통기방법에는 갱도에 공기를 불어넣는 방법과 빨아내는 방법이 있는데 흔히 빨아내는 방법을 쓴다.

통풍기의 종류에는 작용원리에 따라서 원심통풍기와 축류통풍기가 있다.

원심통풍기는 크게 본체, 날개바퀴, 흡입구, 배출구로 되여있다.(그림 3-55)

그림 3-55. 원심통풍기
1-본체, 2-날개바퀴, 3-날개, 4-축, 5-흡입구, 6-배출구

원심통풍기는 날개바퀴가 돌아갈 때 원심력의 작용에 의하여 축방향으로 공기를 빨아들여 바퀴의 접선방향으로 내보낸다.

축류통풍기는 크게 날개바퀴, 전동기, 흡입구, 배출구로 되여있다.

축류통풍기는 날개바퀴가 돌아갈 때 공기가 축방향으로 들어와 축과 평행인 방향으로 빠져나가게 되여있다. 축류통풍기의 한개 축에는 날개바퀴가 1개, 2개 또는 그 이상 달려있을수 있다. 이때 날개바퀴가 1개인것을 1단식, 2개인것을 2단식축류통풍기라고 한다.

이 통풍기는 공기량은 많은데 공기압이 낮으므로 주로 보조통풍기로 쓰이고 일부 갱전체의 갱도에 보내는 주통풍기로도 쓰인다.

2) 통기계통

통기계통이란 통풍기에 의하여 공기가 흐르는 계통을 말한다.

통기계통에는 입기갱과 배기갱의 위치에 따라 중앙식과 대우식이 있다.

중앙식통기계통은 입기갱과 배기갱이 갱구역의 가운데에 있는 경우이다.(그림 3-56의 ㄱ)

이 통기계통은 일반적으로 채굴깊이가 깊은 경우에 그리고 개발작업초기에 적용한다.

대우식통기계통은 입기갱은 갱구역의 가운데에 있고 배기갱은 갱구역의 경계에 있는 경우이다.(그림의 ㄴ)

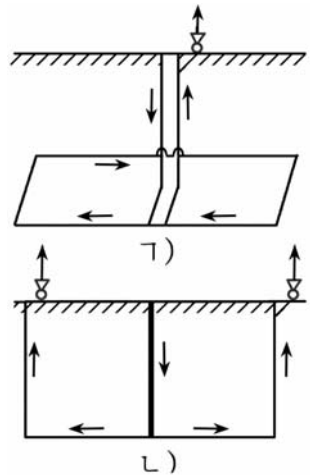



그림 3-56. 통기계통
ㄱ-중앙식, ㄴ-대우식

이 통기계통은 채굴깊이가 깊지 않을 때 그리고 채굴의 마감단계에 적용한다.

갱의 기본통기계통에 망라되지 못한 굴진막장이나 채굴막장의 통기는 국부적인 통기를 하는데 국부통풍기와 바람관으로 한다.

이와 같이 갱내통기작업은 필요한 공기량을 자연적으로 혹은 통풍기에 의하여 갱도를 따라 흐르게 하는 방법이다.

2. 갱배수

땅속에 들어가면 어차피 물을 만나게 된다.

그것은 땅속에는 이러저러한 원인으로 항상 물이 있기때문이다.

그 원인은 지표에서 비물과 눈이 녹은 물, 강물, 저수지물 지어 바다물까지 땅속에 스며들어가기때문이다.

이러한 물들은 암석의 짬이나 공동 같은데 차있을수도 있고 균렬이나 단층 또는 함수층을 따라 물줄기를 이루면서 흐를수도 있다.

또한 지하수는 물을 통과시키지 않는 지층우의 함수층에서 자유롭게 흐를수도 있고 물을 통과시키지 않는 지층사이에서 압력을 받을수도 있다.

암석의 짬에 차있던 물은 몇달 지나면 다 빠져나가지만 흐르는 물줄기는 계속 흘러나와 채굴작업에 지장을 준다.

갱내에서 나오는 물을 처리하는 방법에는 배수와 물막기가 있다.

1) 배수

갱도나 채굴장에 물이 고이면 채굴작업에 지장을 주게 된다.

그러므로 갱안에서 나온 물은 제때에 갱밖으로 빼내야 한다.

이와 같이 갱안으로 들어온 물을 지표로 빼내는 작업을 배수라고 한다.

배수에는 자연배수와 기계배수가 있다.

자연배수는 물의 자연흐름을 리용하여 빼내는것이다.

자연배수때에는 물이 물도랑, 배수갱도 또는 시추구멍을 통하여 높은 곳으로부터 낮은 곳으로 흐른다.

그러므로 자연배수는 통동갱으로 개발한 조건에서 그 웃수준을 개발할 때에나 리용할수 있다. 이때 갱도의 구배는 i=3~5‰로 되여야 한다.

탄광, 광산에서 기본배수방법은 뽐프로 물을 퍼내는 기계배수이다.

기계배수를 하기 위하여서는 갱에서 나오는 물을 모두 집수움에 모이게 해야 하며 그옆에 뽐프를 설치하고 지표까지 도관을 늘여야 한다.

이것을 배수계통이라고 한다.

배수계통에는 직접배수계통과 계단배수계통이 있다.(그림 3-57)

직접배수계통은 물을 매개 수준에서 직접 지표로 올리는 배수계통이며 계단배수계통은 아래수준의 물을 웃수준에 올리고 다음 그것을 또 다음 수준에 올리는 식으로 물을 빼는 계통이다.

배수시설은 뽐프, 도관, 흡수장치 그리고 저수움으로 되여있다.

뽐프에는 원심뽐프와 분사뽐프, 공기뽐프가 있는데 많이 쓰는것은 원심뽐프이다.

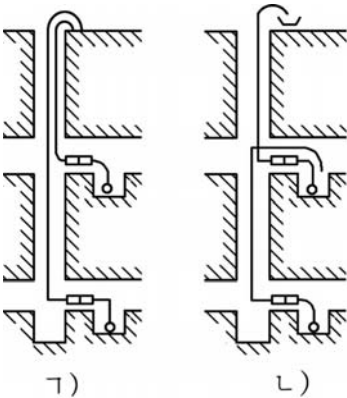



그림 3-57. 기계배수계통
ㄱ-직접배수계통,
ㄴ-계단배수계통

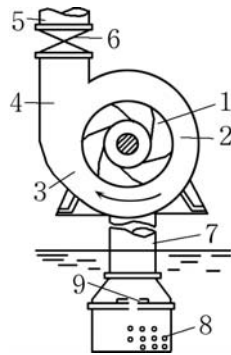



그림 3-58. 원심뽐프의 작용원리
1-날개, 2-날개바퀴, 3-라선실,
4-배출련결관, 5-배출관,
6-배출변, 7-흡입관,
8-흡수장치, 9-흡수변

원심뽐프의 작용원리는 날개바퀴가 빠른 속도로 돌아갈 때 생기는 원심력에 기초하고있다.(그림 3-58)

날개가 달린 날개바퀴가 빠른 속도로 돌아갈 때 물은 원심력의 작용을 받아 라선실안으로 들어가며 계속하여 배출련결관을 거쳐 배출관으로 나간다.

물은 날개바퀴를 통과할 때 돌아가는 날개와의 호상작용에 의하여 압력 및 속도가 증가되며 날개바퀴로부터 나오는 물은 돌아가면서 반경방향의 운동도 하므로 라선을 그리면서 라선실로 들어간다.

라선실에서는 들어온 물을 잘 안내하여 압력을 높여준다.

이렇게 압력이 높아진 물은 배출관으로 배출된다.

배출과정이 진행될 때 날개바퀴의 안쪽 부분에서는 거의 진공상태의 부압이 생기므로 흡수면에서 대기압의 작용에 의하여 물은 흡입관을 거쳐서 날개바퀴안으로 들어간다.

이와 같이 원심뽐프는 배출과정과 흡입과정이 동시에 련속적으로 진행되면서 물을 빨아올리게 된다.

원심뽐프의 배출량은 보통 100~300m^3/h이나 그 이상인것도 있으며 물을 올리는 높이는 수백m에 이른다.

갱의 배수작업에 쓰는 뽐프는 흔히 여러 단을 가진 원심뽐프인데 기본부분은 본체, 날개바퀴, 안내장치, 균형판으로 되여있다.(그림 3-59)

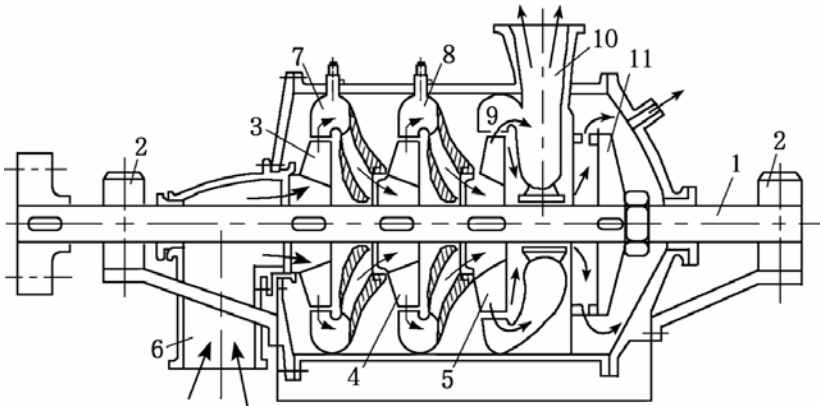



그림 3-59. 여러단식원심뽐프

1-축, 2-베아링, 3,4,5-날개바퀴, 6-흡입련결관,
7,8,9-안내장치, 10-배출련결관, 11-균형판

여러단식원심뽐프는 날개바퀴가 여러개로 되여있는데 이것으로 하여 물을 높은 곳까지 올려보내게 된다. 장마철이나 다른 원인으로 하여 갱내출수량이 정상출수량보다 많아지는 경우에는 2대의 뽐프가 함께 작업할것을 예견하여야 한다.

갱도를 뚫거나 채굴작업을 할 때에는 물의 영향을 받지 않게 하기 위하여 캐려고 하는 구역의 물을 미리 뽑아내야 한다.

이 방법에는 지표에서 하는 방법과 갱내에서 하는 방법이 있다.

지표에서는 주로 함수층에 추공을 뚫고 그것을 통하여 한개 또는

몇개의 함수층속에 있는 지하수를 뽑아내여 해당한 구역에서 지하수의 물높이를 채굴층아래로 떨군다.

이것을 추공에 의한 탈수방법이라고 한다.

갱내에서는 배수갱도에 의하여 물을 뺄수도 있으나 이때에 매개의 층단을 하나의 배수구역으로 보고 매개 층단마다에 배수갱도를 배치하여 물을 뺀다.

2) 물막이

광산, 탄광들에서 하는 물막이방법에는 지표에서 하는 방법과 갱내에서 하는 방법이 있다.

광산이나 탄광에서는 지표수가 갱내에 스며드는것을 막기 위하여 지표에 물도랑을 내여 물을 에돌리는 방법을 쓴다.

산경사면에 물도랑을 팔 때에는 기반암이 나타날 때까지 파야 하며 도랑의 아래쪽 경사면과 바닥에는 콩크리트를 친다. 또한 지표에 세멘트몰탈이나 진흙다짐으로 지표수가 스며들어가는것을 막는다.

이 방법에서는 채굴구역과 련결되여있는 개울의 바닥에 생긴 균렬이나 잔구멍에 세멘트몰탈 또는 진흙을 다져넣어 물의 흐름을 막는다.

갱내에서 터져나오는 물이나 지하수의 흐름을 막기 위하여 갱도에 물막이벽을 만든다.

물막이벽은 이전에 채굴한 공간에 차있던 물이 채굴작업수준으로 흘러나오는것을 막을 때, 배수시설이 고장났을 때, 지금 작업하고있는 수준에서 나오는 물을 아래수준에 있는 저수움으로 유도할 때 그리고 낡은 갱도들을 저수움으로 만들 때 한다.

물막이벽을 만드는 재료로는 콩크리트, 진흙 그리고 통나무 등을 쓴다.

물막이벽을 만들 때에는 물이 새여나오지 않게 갱도주위의 암반까지 따내야 하며 일정한 너비로 막아야 한다.

이때 그것의 두께는 물의 압력과 물막이벽의 세기에 의하여 구체적인 계산을 해야 하는데 콩크리트로 할 때에는 1m미만으로 한다.

3. 동력공급

광석과 석탄생산을 정상화하기 위하여서는 필요한 동력이 공급되여야 한다. 동력이 없이는 채굴작업과 운반작업을 비롯한 생산공정이 이

루어질수 없다. 그러므로 광산, 탄광들에서 동력계통을 옳게 설정하는 것은 광석과 석탄생산을 늘이는데서 중요한 문제의 하나로 나선다.

광산, 탄광의 동력계통에서 기본은 전력공급계통이며 일부 채굴설비를 운영하기 위하여 압축공기공급계통을 리용하고있다.

1) 전력공급계통

발전소에서 생산된 전력이 공장, 기업소의 모든 부하들에 공급되자면 변압기들과 전기기구 그리고 선로와 부하설비들이 있어야 한다.

광산, 탄광의 전력공급용변압기로부터 시작하여 전기설비까지 포함한 모든 전기설비들을 광산, 탄광전력공급계통이라고 한다.

발전소에서 생산된 전력은 100~220kV의 높은 전압으로 광산, 탄광 주변전소의 변압기 1차권선에 공급된다.

광산, 탄광의 주변전소에서는 모든 부하들에 전력을 공급하기 알맞춤한 3~10kV정도로 전압을 낮춘다.

그리고 전력을 많이 소비하는 갱 또는 몇개의 직장을 묶어서 갱변전소를 설치하고 여기에 공장의 주변전소의 2차쪽에서 3~10kV로 공급하는데 이러한 선로들을 급전선이라고 한다.

갱변전소들에서는 전압 380V와 220V로 낮추어 직접 설비들에 전력을 공급한다.

(1) 갱내변전소

갱내에는 기본변전소와 구역변전소가 있다.

갱내기본변전소는 지표에 있는 변전소로부터 들어온 전력을 구역변전소로 보내기 위한것이다.

갱내기본변전소는 갱의 전력부하를 보장할수 있도록 되여야 한다.

갱내기본변전소는 주요뽐프장이 설치된 중계장에 설치하는데 이때 변전소에는 중계장으로 드나들수 있는 독립적인 통로가 있어야 한다.

갱내고정설비들인 뽐프, 주요권양기, 갱내수리기지, 유압종합설비들에는 갱내기본변전소에서 직접 전력을 공급한다.

이밖에 기본변전소 가까이에 있는 저압설비들과 조명설비들에 대한 전력도 기본변전소에서 보낼수 있다.

갱내구역변전소는 채굴막장과 굴진막장들에서 쓰이는 설비들의 부하중심에 놓는다. 그리하여 채굴막장설비, 굴진설비 그리고 이동용설비들에 전력을 공급한다.

갱내변전소는 맑은 공기가 들어오는 곳에 배치하여야 하며 변전소의 설비와 다른 설비사이에는 0.7m이상의 간격이 있어야 한다.

(2) 갱내전력공급

갱내의 고정설비와 이동변압기의 전원전압은 6kV보다 작은것을 써야 한다.

채굴막장에서 이동설비의 전원전압은 660V보다 작은것을 쓴다.

갱내기본변전소에 전력을 공급하는 케블선로의 수는 2줄이상 되여야 한다.

갱내에서 쓰는 전기줄은 오래동안 고정적으로 늘여야 할 곳에서는 동심케블선을 쓰고 수직갱에서는 수직갱용강선케블을 써야 한다. 그리고 전압이 660V인 이동용전기설비에는 불이 붙지 않는 2중고무보호선, 전압이 380V이하인 이동용전기설비에는 불이 붙지 않는 고무보호선을 쓴다.

또한 조명용전기선과 조작용전기선으로서는 동심케블선 또는 갱내용고무보호선을 쓴다.

기본운반갱도와 주요전기실에는 절연애자를 쓰면서 절연전기줄을 늘일수 있다.

2) 압축공기공급계통

압축공기공급계통은 광산, 탄광에서 중요한 동력계통의 하나이다.

압축공기공급계통은 압축기, 보조설비, 도관망으로 되여있는데 여기서 기본은 압축기이다.

(1) 압축기

일반적으로 압축기는 전동기, 내연기관 등의 원동기에서 받는 기계적에네르기로 공기 또는 가스를 압축하여 밖으로 내보내는 기계이다.

압축기에는 피스톤압축기, 나사압축기, 타빈압축기, 회전자압축기 등 여러가지가 있는데 광산, 탄광에서는 주로 피스톤압축기를 쓴다.

피스톤압축기는 피스톤이 직선왕복운동을 하면서 실린더의 체적을 줄여서 공기나 가스를 압축하여 내보내는 압축기이다.

이 압축기로는 높은 압력의 공기를 얻거나 가스를 얻을수 있기때문에 광산, 탄광은 물론 인민경제 여러 부문에서 많이 쓰인다.

피스톤압축기에는 공기를 몇번 압축하는가에 따라 1단압축기와 2단압축기가 있다.

1단압축기는 공기를 빨아들여 한번 압축하는데 일반적작용원리는 다음과 같다.(그림 3-60)

그림 3-60. 1단압축기의 작용원리
1-실린더, 2-피스톤, 3-흡입변, 4-배기변

피스톤이 왼쪽으로부터 오른쪽으로 운동할 때 실린더의 왼쪽 부분은 진공상태로 되므로 흡입변이 열리여 공기가 흡입된다.

피스톤이 반대방향으로 운동할 때 흡입변은 닫기며 실린더안에 들어온 공기는 배기도관의 압력과 같아질 때까지 압축되여 배기변을 통하여 배기관으로 나간다.

이와 같이 피스톤이 실린더안에서 한번 앞으로 갔다가 돌아올 때 공기를 한번 빨아들여 압축하므로 1단압축기라고 한다.

2단압축기는 공기를 빨아들여 두번 압축하는데 일반적작용원리는 다음과 같다.(그림 3-61)

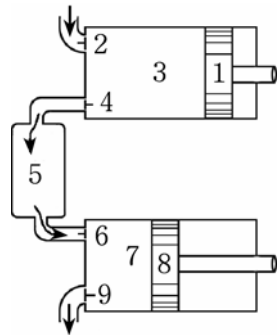



그림 3-61. 2단압축기의 작용원리
1-저압피스톤, 2-저압흡입변, 3-저압실린더, 4-저압배기변, 5-중간랭각기, 6-고압흡입변, 7-고압실린더, 8-고압피스톤, 9-고압배기변

2단압축기에서는 빨아들인 공기를 저압실린더에서 한번 압축(1단압축)한 다음 중간랭각기에서 식히고 다시 고압실린더에서 다시한번 압축(2단압축)한다.

피스톤압축기는 크게 실린더, 피스톤, 피스톤가락지, 피스톤대, 피스톤머리, 련결대, 크랑크축, 흡입변, 배기변 등으로 되여있다.(그림 3-62)

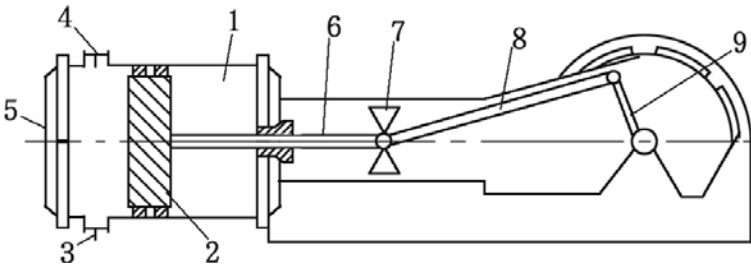



그림 3-62. 1단피스톤압축기
1-실린더, 2-피스톤, 3-흡입변, 4-배기변, 5-덮개, 6-피스톤대, 7-피스톤머리, 8-련결대, 9-크랑크축

1단피스톤압축기의 작업과정을 그림 3-62를 통하여 간단히 보기로 하자.

피스톤압축기의 작업과정은 크랑크축이 돌아갈 때 실린더안에서 피스톤이 직선왕복운동을 하면서 바깥에 있는 공기를 빨아들이고 압축하여 내보내는 과정과 실린더안에 남아있던 공기의 팽창과정으로 이루어진다.

1단피스톤압축기에서 피스톤은 크랑크련결대기구에 의하여 실린더에서 왕복운동을 하면서 실린더의 왼쪽과 오른쪽에서 순간적으로 멎는다. 이 자리를 멎음점이라고 한다.

공기의 흡입과정은 피스톤이 실린더의 왼쪽 멎음점에서 오른쪽 멎음점으로 움직일 때 진행된다. 그것은 피스톤이 왼쪽 멎음점으로부터 오른쪽 멎음점에로 움직일 때 실린더의 체적이 불어나면서 그안의 기체압력이 대기압보다 낮아지기때문이다.

공기의 압축과정은 피스톤이 오른쪽 멎음점에서 다시 왼쪽 멎음점으로 갈 때 이루어지는데 이때 실린더의 체적이 줄어들면서 공기가 압축된다.

압축된 공기의 배기과정은 피스톤이 오른쪽 멎음점으로부터 왼쪽 멎음점에로 가는 과정에 실린더안의 압력이 점점 높아지다가 어떤 일정한 값에 이르게 되면 실린더안에 있는 압축공기가 배기변의 용수철힘을 이겨내면서 배기관으로 나간다.

이와 같이 압축기의 작업과정은 공기의 흡입, 압축, 배기과정으로 진행된다.

우리 나라에서 생산리용하고있는 압축기들인 《1수평-10/7》, 《룡성-10/7》압축기의 생산성은 10m^3/min, 배출압력은 0.7MPa이다.

(2) 광산, 탄광의 압축기시설

광산, 탄광들의 압축기시설은 공기청정기, 흡입도관, 압축기, 배출도관, 수분분리기, 공기탕크, 도관망으로 이루어진다.

광산, 탄광들의 갱막장에까지 압축공기가 공급되는 과정을 보면 다음과 같다.

대기층에 있는 공기속에는 먼지와 불순물들이 들어있다.

그런데 이런 불순물들이 압축기의 실린더에 들어가면 실린더와 피스톤과 닿는 부분의 마찰이 커져서 압축기의 생산성이 떨어진다.

그러므로 공기청정기를 설치하여 대기중에 있는 먼지나 불순물들을 깨끗이 제거한다.

이렇게 된 공기가 흡입도관을 거쳐 압축기의 실린더에 들어가면 일정한 압력으로 압축된다.

압축공기속에는 수분과 기름기가 섞여있기때문에 수분분리기를 거쳐서 이것들을 갈라낸다.

수분과 기름기를 없앤 압축공기는 배출도관으로 빠져나가 압축기와 공기도관망사이에 설치된 공기저장탕크로 들어간다.

공기저장탕크에서는 일정한 량의 압축공기를 저장했다가 공기도관망을 통해 항상 일정한 압력으로 고르롭게 보내주며 압축공기속에 아직 남아있는 수분과 기름기도 없앤다.

공기저장탕크는 보통 압축기로부터 12~15m정도 떨어진 압축기장밖에 설치하는데 여기에는 압력계, 온도계 등 여러가지 계기들과 안전변이 설치되여있다.

공기저장탕크에 저장된 압축공기는 공기도관망을 통하여 여러가지 공기기계들에 공급된다.

(3) 공기도관

압축기는 공기도관을 통하여 착암기, 공기적재기 등 작업기계에 공급된다.

압축공기는 도관을 지나는 과정에 련결부에서 샐수도 있으며 도관에서 공기흐름저항으로 인하여 압력이 낮아질수 있다.

때문에 도중손실을 줄이며 막장의 공기압력을 높이려면 도관관리를 잘해야 한다.

공기도관들로서는 직경이 25~250mm인 강철관이나 수지관을 쓴다. 도관들은 련결관이나 후란지로 서로 련결한다.

후란지사이에는 고무바킹을 끼운다. 후란지련결에서 중요한 문제는 바킹을 정확하게 조절하며 후란지에서 볼트를 고르롭게 조이는것이다.

작업기계와 도관과의 련결은 고무호스로 한다. 고무호스의 길이는 10~20m이고 직경은 16mm, 19mm, 25mm, 32mm인것을 쓴다.

착암기에는 직경이 19~25mm, 공기적재기에는 25~32mm인 고무호스를 쓴다.

제4장. 특수채굴

특수채굴은 고체인 광석이나 석탄을 액체나 가스로 만들거나 그와 비슷하게 만들어 채굴하는 방법이다.

사람들은 땅속에 갱도를 뚫고들어가 석탄이나 광석을 채굴하는것이 어렵고 힘들며 로동안전조건이 불리하기때문에 오래전부터 땅속에 들어가지 않고 그것을 캐낼수 없겠는가 하는것을 많이 생각하여왔다.

이 문제는 과학과 기술이 발전한 오늘날에 와서 성과적으로 해결되였으며 앞으로 더욱더 많은 광석이나 석탄을 특수한 방법으로 채굴하게 될것이다.

특수채굴에는 크게 광석의 특수채굴과 석탄의 특수채굴이 있다.

광석의 특수채굴의 본질은 유용광물속에 들어있는 유용성분을 류동상태로 만들어 캐내는것이다.

그리고 석탄의 특수채굴의 본질은 석탄의 지하가스화이다.

광석의 특수채굴방법에는 녹여캐는 방법과 화학미생물침출방법이 있다.

제1절. 광석의 특수채굴

1. 녹여서 캐는 방법

돌소금이나 칼리움염과 같은 광체에서 광물의 염성분들은 그것을 수용액으로 풀어서 추공을 통하여 뽑아낼수 있다.

이때에는 채굴공정과 함께 선광공정 그리고 식염을 얻기 위한 정제공정, 칼리움을 얻기 위한 선택추출공정이 함께 진행된다.

추공을 통하에 소금을 녹여캐는 방법은 다음과 같이 한다.

먼저 시추기로 소금층의 상반층까지 추공을 뚫고 추공의 주위를 세멘트로 충진하여 보벽한다.

그다음 추공을 계속 소금층의 설계지점까지 뚫고 이중으로 된 물공급관과 소금물배출관을 내려보낸다.

다음 소금층으로 압력수를 내려보내면 소금이 풀린 용액이 배출관을 따라 지표에로 올라온다.

녹여내는 다른 한가지 방법은 뜨거운 물로 유용광물을 액체상태로 만들어 추공으로 뽑아내는것인데 이 방법은 주로 천연류황채굴에 리용하고있다.

이 방법은 19세기말에 공업시험을 거쳐서 20세기에 들어와 공업에 도입되였다.

오늘 천연류황은 주로 이 방법으로 캐내고있다.

녹여캐는 방법은 작업이 안전하고 간편한 우점이 있다.

그러나 천연류황은 반응성이 좋아서 공기중의 산소와 작용하면 유독한 아류산가스를 발생할수도 있으므로 이 채굴방법을 적용할 때에는 안전대책을 잘 세워야 한다.

2. 화학미생물침출법

이 방법은 땅속에 묻혀있는 유용광물을 화학적방법과 미생물을 리용하여 용액으로 우려낸 다음 가치있는 유용성분을 갈라내는 방법이다.

일부 동광산들에서 류산동용액이 우러나오는것은 갱내물속에 류화물을 류산염으로 산화시키는 세균이 있기때문이다.

이러한 사실이 밝혀지면서부터 미생물을 리용하여 광석속에서 금속성분을 갈라낼수 있게 되였는데 처음에 이 방법을 동, 우라니움채굴에 적용하였으며 그후에 니켈, 연, 아연, 망간, 몰리브덴, 석, 금 등을 얻는데 적용하고있다. 이 방법은 아직 널리 도입되고있지는 못하지만 발전전망이 큰것으로 보고있다.

최근에는 처리하기 힘든 광석이나 독이 있는 광물 례를 들면 비소, 안티몬, 수은 등이 많이 들어있는 광석들을 침출법으로 처리함으로써 금속회수률을 높이고 작업의 안전성과 환경오염을 없애는데 힘을 넣고있다. 그리고 선광이 잘 안되며 품위가 낮은 광석으로부터 유색금속을 침출하는데도 이 방법을 적용하고있다.

몇가지 금속의 침출법에 대하여 보기로 한다.

1) 동

동의 침출공정에서는 동광물에 적합한 침출용액을 광석더미에 뿌려주거나 스며들게 하여 동과 다른 금속들이 침출된 용액을 얻는다.

동광물을 침출하는 용매로서는 류산, 염산, 류산제2철염, 아류산, 암모니아수 등이 쓰인다.

류산은 염기성암석이 적게 들어있는 산화동광석을 침출하는데서 널리 쓰이는 공업적용매이다. 류산은 산소가 있는 조건에서 산화된 거의 모든 동화합물들과 금속동을 침출시킨다.

류산제2철은 류산과 혼합된 상태에서 금속동, 동의 산화물과 2차류화물을 잘 녹인다. 이 용매는 산성인 배태암과 함께 있는 광석의 침출에 널리 쓰인다.

류산과 류산제2철염은 많은 경우 침출과정에 화학반응과 미생물학적작용에 의하여 생기며 침출한 다음 용액으로부터 동을 회수한 용액속에 있게 된다.

그러므로 현장들에서는 류산이나 류산제2철이 들어있는 용액을 따로 만들지 않고 자연적으로 형성되여 갱내수에 들어간 류산이나 류산제2철용액을 침출용액으로 쓰거나 침출한 다음 용액에서 동을 회수하고 그것을 다시 침출용액으로 쓰는 경우가 많다.

2) 우라니움

우라니움의 침출공정에서 제기되는 일반적인 조건들은 동을 침출할 때와 같다.

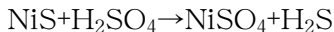
우라니움이 들어있는 광석의 종류에는 여러가지가 있지만 그 침출은 대체로 무기산이나 알카리금속산염의 수용액으로 한다.

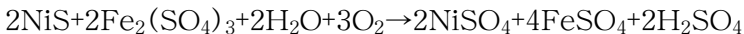
이런 침출용액으로 쉽게 침출할수 있는 광석은 U^{4+}로 된 광물이 들어있는 광석들과 U^{6+}로 된 광물이 들어있는 광석이다.

3) 니켈

니켈광석으로부터 니켈을 침출시키는 용매로는 류산과 류산제2철이 많이 쓰인다.

류산에 의한 니켈의 침출은 다음과 같은 반응으로 진행된다.

$$NiS+H_2SO_4 \rightarrow NiSO_4+H_2S$$

미생물의 작용으로 형성된 류산제2철에 의한 침출반응식은 다음과 같다.

$$2NiS+2Fe_2(SO_4)_3+2H_2O+3O_2 \rightarrow 2NiSO_4+4FeSO_4+2H_2SO_4$$

니켈을 미생물로 침출하는 방법에서는 철산화균을 많이 쓰며 침출률을 높이기 위하여 류황산화균을 쓰기도 한다.

니켈광석더미로부터 니켈의 침출공정은 다른 금속들의 침출공정과 비슷하다. 즉 미생물이 들어있는 침출용액을 광석더미에 뿌려주면서 광석을 통과하여나온 용액을 저장통에 받아 뽐프에 보낸 다음 순환시켜 다시 광석더미에 뿌려준다.

4) 금

금이 들어있는 광석이나 미광을 더미침출할 때에는 광석을 미생물법으로 예비처리하며 광석속에 있는 류황분을 제거하고 시안화나트리움으로 침출하는 방법, 예비처리하지 않고 직접 시안화나트리움으로 침출하는 방법, 미생물을 리용하여 직접 금을 침출하는 방법을 적용한다.

미생물로 류황분을 제거하고 시안화나트리움으로 침출하는 방법에서 류화광물속에 있는 류황분을 제거하는데는 철산화균과 류황산화균을 쓴다.

해당한 광석 또는 미광을 준비된 장소에 쌓고 미리 이 광석에 적응시킨 세균용액을 뿌려준다.

이때 류화광물속의 류황은 산화되여 류산을 형성한다.

류황을 잃은 금속은 생성용액에 풀리게 된다.

광석속에 있는 류황이 거의 없어지면 광석더미에 물을 뿌려주어 류산분을 제거한다.

그다음 시안화나트리움용액을 뿌려주어 금을 침출한다.

품위가 낮은 광석으로부터 금을 침출할 때에는 될수록 알굵기를 작게 하여야 한다.

금침출에서 동, 연, 아연, 류황은 나쁜 영향을 주며 산소는 좋은 영향을 준다. 그러므로 금을 침출할 때에는 공기나 산소를 불어넣는다.

미생물을 리용하여 금을 직접 침출하는 방법은 세균의 물질대사과정에 분비하는 물질의 작용에 의하여 진행된다고 본다.

미생물에 의한 금의 침출속도를 높이기 위하여서는 침출능력이 센 미생물을 길러야 한다.

용액으로부터 금을 회수하기 위하여서는 용액을 활성탄을 넣은 탑에 통과시킨다. 그러면 금이 활성탄에 흡착된다.

용액을 활성탄에 통과시키기에 앞서 용액이 투명한가를 확인한다.

용액속에 은이 많으면 류화나트리움으로 침전분리시킨다.

활성탄은 1kg당 2~4g 또는 그 이상의 금을 흡착시키는 능력을 가지고있다.

흡착에 가장 좋은 금농도는 2g/m^{3}이다.

활성탄은 보통 직경과 높이의 비가 1:1.2~1.5 되게 만든다.

흡착된 금은 95~100℃로 가열된 0.1~0.5%의 시안화나트리움과 1%의 가성소다를 시간당 활성탄체적의 5배만큼 통과시켜 탈착시킨다.

제2절. 석탄의 지하가스화

석탄의 지하가스화는 석탄을 땅속에 묻혀있는 상태에서 직접 불을 붙여 연소가스를 얻는 방법이다.

석탄의 지하가스화도 오랜 력사를 가지고있다. 19세기 60년대 학자들이 석탄의 지하가스화공정을 제기한데 이어 20세기초에 추공에 의한 지하가스화에 대한 공업시험들이 진행되였다.

우리 나라의 안주지구탄광에서는 석탄의 지하가스화에 대한 공업시험을 진행하였다.

1. 석탄의 지하가스화작업공정

석탄의 지하가스화작업은 크게 4개의 공정 즉 준비작업공정, 지하가스발생장의 준비공정, 석탄층의 지하가스화공정, 가스의 수집 및 저장공정으로 되여있다.

1) 준비작업공정

석탄의 지하가스화를 위한 준비작업에서는 가스화구역의 대상지역을 확정하고 석탄층과 모암의 물리-력학적성질을 해명한다.

그리고 지역의 수문지질상태를 조사하고 배수대책을 세우며 지질구조를 해명하는 작업을 진행한다.

(1) 가스화구역의 대상지역확정

석탄지하가스화를 위하여서는 먼저 가스화구역을 정확히 확정하여야 한다.

많은 경우에 석탄의 지하가스화구역으로는 다음과 같은 구역을 설정한다.

① 이미 채굴한 구역에 남아있는 석탄층을 대상으로 한다.

② 석탄층의 놓임상태가 복잡하여 다른 방법으로 채굴하기 어렵거나 기계화채굴을 하기가 힘든 석탄층을 대상으로 정하기도 한다.

③ 채굴심도가 깊어서 지하채굴하기 힘든 석탄층에 적용할수 있다.

(2) 석탄층과 모암의 물리력학적성질의 해명

석탄지하가스화의 원료는 석탄이다. 석탄을 이루고있는 유기질의 기본원소는 탄소, 수소, 질소, 류황이며 이 유기질에서 연소되는것은 주로 탄소와 수소, 류황이다.

이 원소들의 함유량이 높을수록 석탄지하가스의 질이 높아진다.

석탄에는 이밖에도 질소, 산소 그리고 약간의 린이 포함되여있으며 수분과 광물질도 들어있다.

(3) 수문지질상태의 조사

석탄의 지하가스화에서는 가스화구역의 수문지질학적조건을 정확히 조사하고 흘러드는 물량과 탄층상하반속에 존재하는 물량을 정확히 해명하는것이 중요하다.

지하수는 석탄지하가스화에 주는 특성에 따라 항시적으로 작용하는 결합수는 천반암석과 바닥, 탄층에서 분리되는데 가스화작용에 좋지 못한 영향을 준다.

석탄지하가스화공간으로 흘러드는 물은 각이한 경로를 통하여 들어오게 된다. 즉 탄층을 따라 들어온 물과 탄층상하반암석을 통하여 들어오는 물 그리고 파쇄구역의 물주머니에서 갑자기 들어오는 물형태가 있을수 있다. 이러한 물들은 석탄지하가스화에 아주 나쁜 영향을 주므로 필요한 기술적대책을 세워야 한다.

(4) 지질구조상태의 해명

석탄지하가스화구역의 지질구조를 해명하는것은 지하가스화공정을 정상적으로 운영하는데서 중요한 문제이다.

특히 가스화구역에 단층이 있으면 단층을 따라 지하가스화된 가스나 열이 빠져나가므로 정상적인 지하가스화가 잘되지 않으며 채취률을 떨군다.

그러므로 석탄지하가스화구역의 지질구조상태를 잘 해명하고 필요한 밀페대책을 세워야 한다.

2) 지하가스발생장의 준비공정

석탄지하가스화를 위한 준비작업이 완성됨에 따라서 지하가스발생장을 준비한다.

석탄지하가스발생장을 준비한다는것은 확정된 구역에서 석탄지하가스화작업을 할수 있게 준비한다는것인데 여기서 기본을 이루는것은 지표에서 탄층까지 추공을 뚫고 이 추공들사이를 련결하는 문제이다.

탄층속에서 추공사이를 련결하는 방법에는 공기력관통법, 수력관통법, 방향시추에 의한 방법 등 여러가지 방법들이 알려져있다.

공기력관통법은 추공을 따라서 압축공기를 불어넣어 탄층속균렬을 확대하는 방법으로 가스화통로를 형성하는 방법이다.

수력에 의한 추공사이의 관통방법은 추공을 따라서 고압수와 함께 모래를 탄층에 넣어줌으로써 석탄층의 삼투성을 높이게 하는 방법이다.

공기력관통법과 수력관통법은 우리 나라를 비롯하여 여러 나라들에서 적용하였다.

방향시추에 의한 방법은 지표에서 수직으로 굴진하다가 일정한 깊이에서 추공을 만곡하여 탄층에서 추공사이를 관통시키는 방법이다.

이 방법은 석탄지하가스발생장준비에서 가장 과학적이고 믿음성있는 방법으로서 도입전망이 있다.

3) 석탄층의 지하가스화공정

석탄지하가스화공정은 석탄을 연소시켜 연소가스를 얻는 공정으로서 석탄지하가스발생로에서 진행된다.

석탄지하가스발생로라는것은 가스화반응이 일어나는 곳으로서 지표에서 탄층까지 시추구멍을 뚫고 두 구멍들을 서로 련결하여 만든다.

석탄지하가스발생로가 준비되면 석탄층에 불을 달아서 불막장을 만들고 한 시추구멍으로는 공기 또는 산소를 공급하고 다른 시추구멍으로는 연소가스를 뽑아낸다.

(1) 석탄의 착화

석탄지하가스발생로에서 석탄층의 착화는 한개 혹은 몇개의 지점에 연소막장을 형성하는 첫 공정이다.

석탄지하가스발생로에서 석탄의 착화는 추공사이에 초기틈새가 형성된 다음에 그것을 확장시켜 가스화통로에서 가스화작업을 시작하기 위하여 하게 된다.

가스화통로에서 탄층의 착화를 보장하자면 일정한 량의 석탄을 착화온도까지 올리는데 필요한 열량을 보장해주어야 한다.

탄층의 착화온도는 가스화제가 공기인 경우 갈탄층에서 300~350℃이다.

탄층의 착화제에는 고체상착화제, 액체상착화제, 기체상착화제가 있는데 고체상착화제로서는 고열탄, 콕스, 나무장작, 숯 등이고 액체상착화제로는 석유, 페유, 디젤유 등 가연성기름이며 기체상착화제로서는 주로 프로판가스를 쓴다.

(2) 석탄가스화공정

가스화공정은 연소와 환원과정으로 이루어진다.

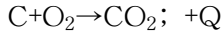
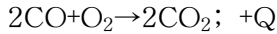
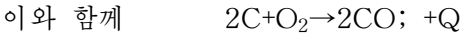
연소구역에서는 석탄과 공기가 결합하여 CO_2를 내게 하는 구역이다.

즉

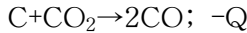
$$C+O_2 \rightarrow CO_2;\ +Q$$

Q-열량, kJ

이와 함께 $2C+O_2 \rightarrow 2CO;\ +Q$

$$2CO+O_2 \rightarrow 2CO_2;\ +Q$$

이 구역에서는 이산화탄소가 생기면서 온도가 올라간다.

연소구역에서는 가열된 가스들이 환원구역으로 이동하면서 다음과 같은 반응을 한다.

$$C+CO_2 \rightarrow 2CO;\ -Q$$

한편 환원구역에 수증기가 있으면 다음 반응을 한다.

$$C+H_2O \rightarrow CO+H_2;\ -Q$$

$$C+2H_2O \rightarrow CO_2+2H_2;\ -Q$$

이러한 반응의 결과 이 구역에서는 CO와 H_2가 형성되면서 온도가 내려간다.

이러한 반응과정을 거쳐서 배출추공으로 온도가 700℃이고 발열량이 4 000kJ/m^3이상인 가스가 나온다.

(3) 석탄지하가스발생장의 관리

석탄지하가스발생장의 관리에서 중요한것은 가스화통로에서 가스화제와 가스량을 조절하고 낡은 가스발생로가 소멸됨에 따라 새로운 가스화통로에로 가스화작업이 전환되도록 가스화제와 가스량을 조절하는것이다.

가스화통로에서 가스화제의 조절을 잘하여야 송풍추공에서 합리적인 송풍량을 공급할수 있으며 정상상태에서 가스화가 진행되도록 할수 있다.

송풍량의 과부족으로 인한 가스량의 변동은 가스배출구멍에 설치된 계측장치에 의하여 판단하고 이에 대한 송풍량의 조절은 해당한 조절장치에 의하여 진행한다.

매 교대마다 공정별, 시간별로 가스화제공급량과 가스생산량, 가스의 조성과 발열량 등 가스발생로의 기술지표들을 측정하고 그에 기초하여 조종장치에 의하여 가스화제공급량과 가스생산량을 조종한다.

4) 가스의 수집 및 정제공정

지하가스발생로에서 얻은 가스를 뽑아낸 다음에는 그것을 수집하고 정제한다.

지하가스화에서 얻은 가스는 온도가 높고 그속에는 먼지가 많이 섞여있으므로 그것을 정제하여야 한다.

가스정제작업에서는 먼저 높은 온도의 가스를 랭각기를 거쳐서 식힌 다음 가스속에 있는 먼지와 타르, 분해물 등 불순물을 제거한다.

이러한 공정을 거친 가스는 가스저장탕크에 저장하였다가 수요지에 보낸다.

2. 석탄지하가스화의 기술공정계통

석탄지하가스화의 기술공정은 리용목적과 가스생산방식에 따라서 일정한 차이가 있다.

동력용가스를 생산할 때의 한가지 기술공정을 그림 4-1에 주었다.

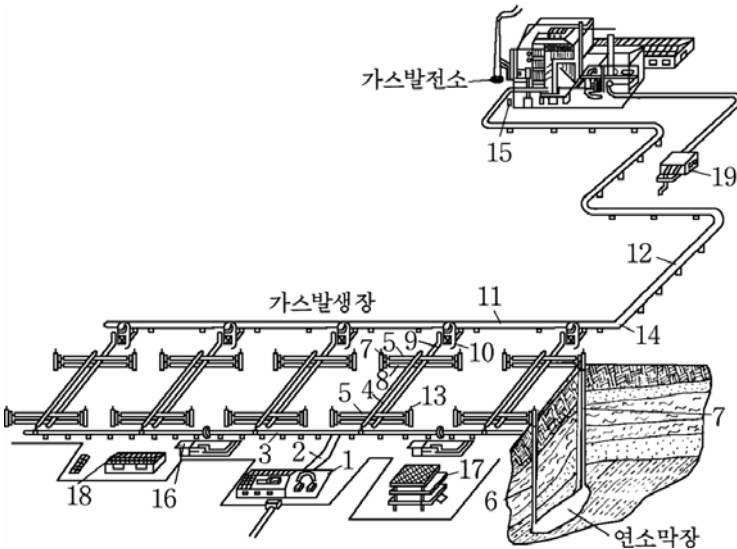



그림 4-1. 동력용석탄지하가스화장치의 공정계통도

1-송풍장치, 2, 3-주송풍관, 4-송풍분배관, 5-송풍지관, 6-가스배출추공, 7-송풍추공, 8, 9-가스포집관, 10-원심분리기, 11-주가스관, 12-가스종합수송관, 13-방기관, 14, 15-응축수 및 타르탕크, 16-압축기장, 17-조종반실, 18-사무실, 19-발전소복수기순환수뽐프장

그림에서 보는바와 같이 송풍기장 1로부터 생산된 송풍공기는 주송풍관 2와 3 그리고 송풍분배관 4를 거쳐 한쌍의 추공막장마다 공기

를 공급하는 송풍지관 5에 분배되는데 이 분배된 공기는 송풍추공 7에 공급되여 매개 불막장으로 들어간다.

가스발생로에서 생산된 가스는 가스배출추공 6을 통하여 가스포집관 8, 9를 거쳐 다시 원심분리기 10에서 1차청정랭각되고 주가스관 11을 거쳐서 가스종합수송관 12에 의하여 발전소로 운반된다.

그리고 매개 추공관에는 불합격가스를 빼내기 위한 관 13이 있다.

가스발생장으로부터 발전소까지의 가스공급관 로상에는 두개의 응축수 및 타르탕크 14와 15를 설치하여 수송되는 가스로부터 타르와 응축수를 분리한다.

가스화방식에 따라 공기의 공급방향과 가스배출방향을 엇바꾸기 위하여 매개 송풍지관 5와 가스배출추공 6, 가스포집관 8은 모두 추공의 머리부와 호상 련결되여있다.

주송풍관과 주가스관은 송풍량과 가스량에 따라서 500~800mm인 강관을 리용한다.

3. 석탄지하가스화에서의 로동안전

석탄의 지하가스화에서는 여러가지 자연지질적요인들의 영향을 심히 받으면서 가스생산이 진행되기때문에 안전공학상요구를 잘 지키는 문제가 중요하다.

특히 지하가스화한 가스는 폭발성이 있을뿐아니라 유해로우므로 가스폭발에 의한 사고와 가스중독에 의한 사고를 막기 위하여 가스발생장에서의 모든 조작과 작업을 안전공학의 요구대로 해야 한다.

가연성가스는 일정한 농도의 산화제와 혼합되여 활성화되면 폭발을 일으킬수 있다.

석탄지하가스화에서 생기는 가스에는 탄소화합물(CO)과 류화수소가 포함되여있는데 이 가스들은 독성이 센 가스들이다.

석탄지하가스발생장에서 가스폭발과 가스중독에 의한 사고를 막기 위하여서는 가스발생장안에 설치된 추공구조물과 가스도관망들에서 기밀을 철저히 하여 지표에 가스가 새여나오지 못하게 해야 한다.

특히 가스도관망들의 용접부위와 가스-공기변들의 기밀을 잘하여야 하며 그것들의 기밀상태와 설치상태에 대하여 정상적으로 검사하고 대책을 세워야 한다.

그리고 가스관들을 보수하기 위하여 용접이 제기될 때에는 가스관 안의 가스농도를 측정하고 폭발위험한계를 초과하였을 때에는 대책을 세워야 한다. 또한 조작상 부주의나 실수로 인한 폭발사고를 막기 위하여 가스관로의 일정한 구역마다 안전변을 설치하여야 한다.

제3절. 해양자원채굴

해양자원을 채굴하는것은 새 세기에 힘을 넣고있는 부문의 하나이다.

해양자원을 개발하는것은 공업발전에서 일정한 역할을 할수 있다.

그것은 바다가 거대한 자원의 보물고라는데 있다.

1. 해양광물자원

해양광물자원은 바다물속, 대륙붕 그리고 바다밑에 있는데 이것들의 채굴조건에는 심한 차이가 있다.

1) 바다물의 광물자원

세계 바다물의 총량은 대략 13.7억km^3인데 이것은 세계 물량의 약 97%이다.

바다물속에는 많은 원소들이 있는데 특히 염류는 무진장하다.

바다물을 분석한데 의하면 바다물속에는 많은 량의 불소, 마그네시움, 요드, 알루미니움, 붕소, 칼리움, 망간, 철, 브롬, 동, 우라니움, 석 등이 포함된것으로 보고있다.

2) 대륙붕의 광물자원

대륙붕이란 바다기슭으로부터 깊은 바다쪽으로 경사져있고 깊이가 200m미만인 비교적 평탄한 부분을 말한다.

대륙붕의 총 면적은 2 800여만km^2인데 해양면적의 7.6%이다.

여기에는 원유, 가스, 석탄과 같은 연료와 함께 금, 석, 티탄, 철, 지르코니움 등이 포함되여있다.

3) 바다밑광물자원

바다밑광물자원은 크게 3가지로 갈라볼수 있다.

① 해양다금속결핵광물

이 다금속결핵광물을 망간단광이라고도 하는데 수천m깊이의 바다밑에 밤알 또는 감자알모양을 가지고있다.

색은 검은색에 가까우며 직경은 0.5~25cm정도이다.

② 고품위코발트층

이 광물은 800~2 400m깊이의 바다밑산줄기의 경사면 또는 정점부분의 기반암에 층상으로 붙어있다.

그것의 두께는 수cm이다.

이 층의 광물조성은 다금속결핵광물과 비슷한데 코발트의 품위가 높은것이 특징이다.

이 층에는 코발트, 니켈, 망간 등 전략적의의를 가지는 금속들이 있어 관심을 끌고있다.

③ 천연메탄수산화물

천연메탄수산화물은 에네르기밀도가 높은데 $1m^3$당 약 $150m^3$의 천연가스를 대신한다.

이 천연메탄수산화물은 주로 깊이가 200m이상인 대륙경사면에서 발견되였다.

이 수산화물은 새 에네르기자원으로 전망하고있다.

2. 해양광물자원채굴

1) 해양광물자원채굴의 특징

해양광물자원채굴은 륙지광물자원채굴과는 다른 특징이 있다.

① 해양광물자원채굴은 륙지조건에 비하여 채굴조건이 복잡한것이다.

해양조건은 사나운 파도와 해빙 등 환경상태가 복잡할뿐아니라 높은 압력이 작용하고 바다물에 의한 설비의 부식작용이 심하다.

② 해양채굴은 고도기술이 요구되는것이다.

해양채굴은 지질학, 기계공학, 전자공학, 류체력학, 화학, 선박공학 그리고 해양수송 등 여러 기술공학분야의 복합기술이 요구된다.

③ 해양자원채굴기술에 대한 연구와 도입에 많은 자금이 요구되며 오랜 기간이 걸리는것이다.

해양자원채굴의 새 기술을 연구하고 실제도입에 이르기까지는 오랜 기간이 걸리며 많은 자금을 요구하고있다.

따라서 이에 대한 연구는 흔히 장기계획에 포함시키고있다.

2) 바다밑광물자원의 채굴방법

바다의 얕은 곳에 있는 표사광물은 끌개삽굴착기, 불도젤, 준첩선 등으로 채굴하며 깊은 곳에 있는 광물은 바다밑채굴배에 여러가지 굴착

운반장치를 설치하여 채굴한다.

이 설비는 자행채굴기, 권양설비, 감시체계, 처리계통 그리고 운반계통으로 되여있다.

바다밑채굴배에 설치되는 굴착운반장치들에는 련속바가지식, 끌개삽식, 집게삽식 등이 있다.(그림 4-2)

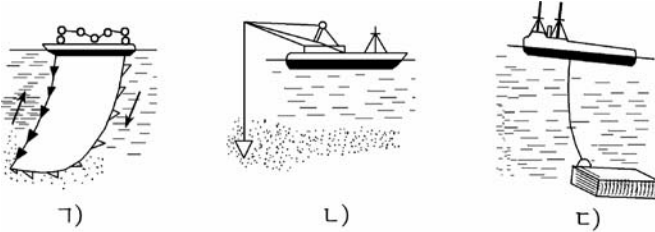



그림 4-2. 바다밑채굴배의 굴착운반장치
ㄱ-련속바가지식, ㄴ-집게삽식, ㄷ-끌개삽식

3) 바다밑땅속의 광물자원채굴

바다밑땅속에 있는 광석은 보통 지하채굴방법으로 캔다.

여기서는 바다기슭에 수직갱 또는 사갱을 뚫어 광체를 개발하는 방법과 바다에 인공적인 섬을 만들고 여기서 수직갱을 뚫어 개발하는 방법이 있다.(그림 4-3)

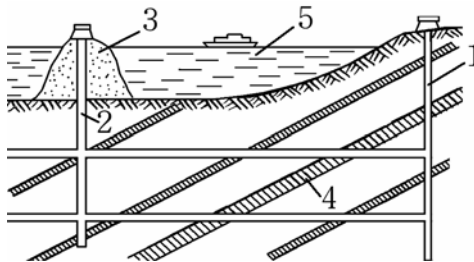



그림 4-3. 바다밑땅속광석채굴
1, 2-개발수직갱, 3-인공섬, 4-광체, 5-바다

바다밑땅속에 있는 석탄이나 광석을 채굴하기 위한 갱도의 천반에는 금이 가지 않게 하여야 하며 천반암석층이 꺼져내려가지 않는 채굴법을 써야 한다.

그러므로 원칙적으로 충전식채굴법을 써야 하며 천반이 견고하면 실상식이나 실주식채굴법을 쓸수 있다.

채굴작업이 바다밑에서 진행되므로 많은 문제들에 주의를 돌려야 한다.

여기서는 천반암석의 움직임과 갱내수의 변화에 대하여 정상적으로 감시를 하여야 한다.

특히 갱내수의 소금기의 변화에 대한 관찰은 바다물의 류입을 막는데서 큰 의의를 가진다.

상식자료

바다밑의 원유는 어떻게 생겨났는가

지금 많은 나라들에서는 바다밑의 원유를 캐내고있다.

원유는 륙지에만 있는것이 아니라 바다밑에도 많이 묻혀있다.

지금 대륙붕에 있는 원유는 륙지속에 묻힌 원유의 약 2.5배정도로 보고있다.

그러면 바다밑의 원유는 어떻게 생겨났는가.

자료를 종합해보면 원래 원유는 자연계에서 살다가 무리로 죽은 동식물유기체 즉 바다에서 산 떠살이생물로부터 생겨났다고 보고있다. 그러므로 원유가 생겨나려면 많은 생물들이 있어야 한다.

바다에서 사는 떠살이생물이 원유가 생긴 기본물질이다.

오랜 세월이 흐르는 과정에 땅속 깊은 곳이 큰 힘(방사성물질이 붕괴될 때 생긴 힘)에 의하여 바다가 륙지로 되고 또 륙지가 내려앉아 바다가 되는 등 땅의 습곡운동이 여러번 있었다.

이 과정에 많은 떠살이생물들이 죽고 그우에 감탕이나 모래, 진흙, 자갈들이 쌓이고 또 쌓였다. 바로 이런 층이 원유밭으로 될수 있는 좋은 조건이다.

그러므로 바다밑에는 우리가 직접 눈으로 볼수 없지만 륙지보다 많은 원유가 있다고 말할수 있다.

바다밑에 있는 이 원유층은 륙지에 있는 원유층과 이어져있는것이 많다.

그러므로 바다밑에 있는 원유를 찾아내는것은 바다와 이어진 땅속의 원유를 찾아내는것으로부터 시작한다.

제5장. 지하자원의 선별

제1절. 선별에 대한 개념

1. 선광에 대한 기본지식

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《광석을 아무리 많이 캐내도 선광을 잘하지 못하면 광석을 많이 캐내는 보람이 없습니다.》

광산들에서 품위가 높은 광석뿐아니라 품위가 낮은 광석까지도 대량 채굴하고있는 오늘의 현실조건에 맞게 이 광석들을 다량처리하는것은 채굴작업의 정상화를 보장하기 위한 선결조건의 하나이다.

아무리 많은 광석을 캐내여도 그것을 선광장에서 제때에 잘 처리하지 못하면 광석을 많이 캐내는 보람이 없게 된다.

그러므로 광석의 특성에 알맞는 좋은 선광방법들을 옳게 적용하는 한편 현대적이며 대형화된 선광설비들을 적극 받아들여야 한다.

1) 선광의 목적

일반적으로 선광이라고 하면 지하채굴장이나 로천채굴장에서 캐여 선광장으로 운반하여온 광석가운데서 쓸모가 적거나 없는것들을 골라내고 쓸모있는 성분들만을 따로 갈라내는 작업을 말한다.

선광장에서 광석을 선광하는 목적은 다음과 같다.

광산들에서 캐낸 대부분의 광석에는 적지 않은 량의 쓸모없는 맥석광물들이 들어있어 품위가 그리 높지 못하며 따라서 야금공장이나 화학공장에서 원료로 직접 쓸수 없다.

따라서 광석에 들어있는 맥석광물을 골라내여 광석의 품위를 높이는것이 선광의 가장 중요한 목적이다.

선광의 목적은 또한 광석을 야금공정이나 화학처리공정의 원료나 기타 목적에 리용할 때 해를 주는 성분들을 미리 없애는것이다.

유해성분들의 례를 들면 제철원료가운데에 들어있는 류황분과 린분, 연제련원료가운데에 있는 아연분, 아연제련원료가운데에 있는 연과 철 및 규산분, 마그네샤크링카의 원료가운데에 있는 철분 등을 들수 있다.

이밖에도 캐낸 광석이나 암석을 다루고 리용하는데 편리하게 일정한 크기로 깨거나 고르로운 굵기로 만들기 위하여 또한 물기를 일정한

범위이하로 낮추기 위하여 선광을 한다.

선광의 기본대상은 광석이나 암석 등 고체지하자원이라고 말할수 있다. 그러나 최근에는 공장, 기업소의 페수나 지하수, 광산물, 바다물, 낡은 전기 및 전자제품 등에 들어있는 귀금속이나 동, 몰리브덴, 우라니움과 같은 성분을 걷어들이는것이 선광의 대상으로 되고있다.

선광기술을 발전시키는것은 인민경제 모든 부문을 빨리 발전시켜 강성대국건설의 물질기술적토대를 더욱 튼튼히 다져나가는데서 매우 중요한 의의를 가진다.

그것은 첫째로, 품위가 낮거나 조성이 복잡한 광석을 선광함으로써 여러가지 금속과 비금속에 대한 인민경제의 늘어나는 수요를 원만히 충족시킬수 있게 하며 지하자원을 가장 효과적으로 쓸수 있게 하고 그 공업적매장량을 더욱 늘이게 한다.

둘째로, 광석속에 들어있는 유해성분을 없앰으로써 야금공정이나 화학공정의 기술경제적효과성을 높이고 완제품의 질을 더욱 높이게 한다.

셋째로, 광석에 들어있는 맥석의 대부분을 미리 제거함으로써 수송량을 덜게 한다.

넷째로, 선광을 적용함으로써 다량채굴의 조건을 보장하며 채취률을 높일수 있게 한다.

선광의 목적을 원만히 수행하기 위하여서는 선광법을 더욱 개선하고 여러가지 선광수단들을 완성시켜나가야 한다.

2) 선광법과 선광계통도

선광장에서 받아 처리할 원료광석을 원광이라고 한다.

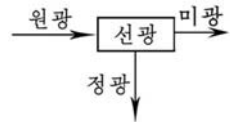
원광을 선광하면 쓸모있는 성분이 농집된 정광과 주로 맥석이나 버럭으로 이루어져있는 미광이 산물로 나온다.(그림 5-1)

일반적으로 정광이란 그 품위가 원광보다 높아진 선광처리산물을 말한다.

그림 5-1. 선광산물

정광에 들어있는 쓸모있는 성분의 이름을 따서 자철정광, 동정광, 연정광, 린정광 등으로 부른다.

두가지이상의 쓸모있는 성분이 포함된 정광을 종합정광이라고 부른다.

선광장들에서 생산되는 정광은 그 정광에 대하여 제정되여있는 국가규격이나 기술적조건에 부합되여야 한다.

선광산물의 다른 한가지는 품위가 원광보다 낮아진 미광이다.

미광은 지금은 내버리는 산물이지만 앞으로 기술이 발전하면 그속에 남아있는 이러저러한 쓸모있는 성분을 다시 걷어들이는 원료로 리용될수 있는 산물이다.

선광장들에서 적용되는 공정들은 그 사명에 따라 선광준비공정, 선광공정 그리고 선광산물처리공정들로 되여있고 이 공정들은 순차적으로 맞물려있다.(그림 5-2)

선광준비공정이란 기본공정인 선광공정의 기술공학적요구에 맞게 원광을 준비시키는 선행공정으로서 여기에는 보통 원광을 깨고 바수는 조작들과 깨고 바순 광석을 일정한 알굵기로 갈라주는 조작들이 속한다.

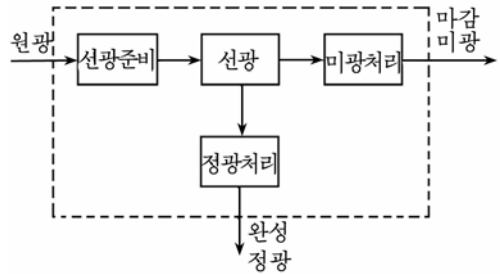



그림 5-2. 선광공정

선광준비공정에 이어 적용되는 선광공정에서는 원광을 정광과 미광으로 가르는 조작이 진행된다.

광석을 선광할 때 광물들의 어떤 성질이 리용되는가 하는데 따라 선광은 중력선광법, 부유선광법, 자력선광법, 전기선광법, 특수선광법으로 나눈다.

중력선광법에서는 광물들의 밀도의 차이와 그 차이에 기초한 매질안에서의 광물알갱이들의 운동속도의 차이가 리용된다.

부유선광법에서는 물과 공기방울에 대한 광물알갱이들의 선택적인 부착성을 리용한다. 부유선광법에서는 여러가지 시약들(포집제, 기포제, 조절제)을 쓴다.

부유선광법은 유색금속광석과 비금속광석에 대하여 주로 적용되며 물에 풀려있는 성분들을 잡아내는데도 널리 쓰이고있다.

자력선광법에서는 광물들의 자기적성질의 차이와 그리고 그 차이에 기초하여 생기는 광물알갱이들의 운동경로에서의 차이가 리용된다.

자력선광법은 주로 자철광을 비롯한 철광석을 선별하는데 쓰인다.

전기선광법에서는 광물들의 전기적성질의 차이와 그 차이에 기초하여 전기마당안에서 광물알갱이들의 운동경로에서의 차이가 리용된다.

전기선광법은 일부 희유금속광석처리에서 리용된다.

특수선광법들인 광선선광법에서는 광물들의 색과 광택 그리고 투명정도의 차이가 리용되며 방사능선광법에서는 광물들의 방사능과 그 세기의 차이를 리용한다.

마찰선광법에서는 광물들이 어떤 면을 따라 운동할 때 나타나는 마찰결수의 차이가 리용되며 화학 및 미생물선광법에서는 용제에 대한 광물들의 용해도의 차이(화학선광), 미생물들의 물질대사에 의하여 광석속에 들어있는 유가성분들을 선택적으로 우려내는 원리(미생물선광)를 리용한다.

선광법은 다만 광석에 대하여서뿐아니라 석탄의 선별 그리고 여러 부문에서 재료들을 일정한 성분별로, 알긁기별로 가르는데도 널리 쓰일수 있다.

선광공정다음에는 선광공정에서 나온 산물들을 받아 그것들을 마감산물로 만드는 선광산물처리공정이 있다.

여기에는 정광처리공정과 미광처리공정이 속한다.

정광처리공정은 물매질을 쓰는 선광공정들에서 나온 정광에 들어있는 물을 없애는 조작들인 농축, 려과, 건조, 정광을 관리하고 실어나르는 공정 등이 속한다.

미광처리공정에서는 선광공정에서 나온 미광을 일정한 자리에 운반하고 쌓아두며 미광에 섞여있는 돌가루를 가라앉히고 찌운 물을 처리한다.

선광의 매개 공정들에서 적용되는 조작들에는 처리되는 재료의 질(긁기, 품위, 물기)을 변화시키는 주요조작들(파쇄, 분쇄, 채질, 분급, 선광, 탈수 등)과 그 진행을 보장하는 보조조작들(재료의 운반, 분배, 혼합, 뽑기, 저장 등)이 속한다.

선광장들에서 원광이 완성정광과 마감미광으로 갈라져나올 때까지 거치게 되는 조작들과 그 순서를 선광계통도로 나타낼수 있다.

선광계통도에는 질계통도, 량계통도, 질량계통도, 설비련쇄계통도 등이 있다.

질량계통도(그림 5-3)에는 적용되는 선광조작들의 이름과 그 순서와 함께 원광과 처리되는 산물들의 질, 량과 관련된 자료들이 표시되여있다.

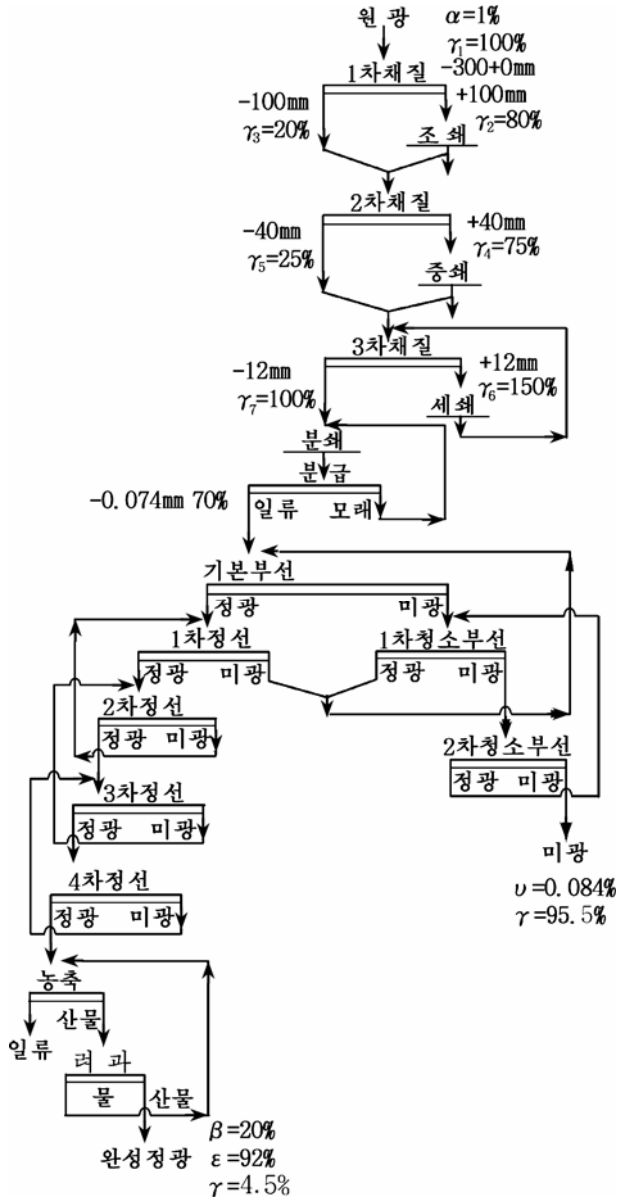



그림 5-3. 질량계통도

α-원광품위, β-정광품위, γ-정광산출률, ε-실수률, υ-미광품위

질량계통도에는 질계통도에 산물의 량과 관련된 자료들을 덧붙여 표시한다.

설비련쇄계통도(그림 5-4)에는 매개 선광조작에 적용되는 설비들을 기호로 표시한다.

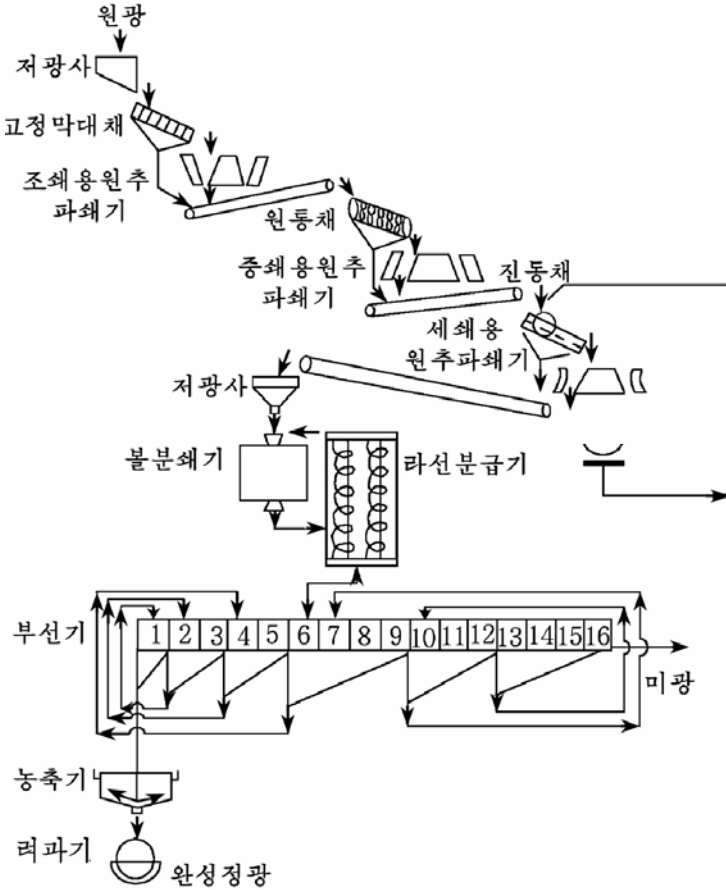



그림 5-4. 설비련쇄계통도

3) 선광공정지표

선광이 얼마나 잘 진행되였는가 하는것을 수자적으로 평가하기 위하여 부광비, 실수률, 정광산출률, 선광비 등 여러가지 선광공정지표들이 쓰이고있다.

선광을 적용하는 목적의 하나가 바로 캐낸 광석의 품위를 높이

는데 있는것만큼 선광이 잘되였는가 못되였는가 하는 결과는 무엇보다도 품위를 얼마나 올렸는가 하는것에 의하여 평가할수 있다.

원광품위(α)에 비하여 정광품위(β)가 몇배로 올라갔는가 하는것은 다음과 같은 부광비(C)의 값으로 평가할수 있다.

$$C = \frac{\beta}{\alpha} \tag{5-1}$$

선광에서는 원광에 들어있는 쓸모있는 성분을 남김없이 정광에 걷어들여야 한다. 즉 실수률을 높여야 한다.

실수률이란 원광에 들어있는 쓸모있는 성분의 함유량에 대한 정광에 포함된 쓸모있는 성분량의 비를 %로 표시한것이다.

선광실수률을 계산하는 방법을 실례를 들어보기로 하자.

실례로 선광장에서 품위가 α%인 어떤 광석 Qt을 선광하여 품위가 β%인 정광을 qt만큼 생산하였다고 하자.

그러면 원광에 들어있는 쓸모있는 성분의 함유량은 $Q\frac{\alpha}{100}$t 이고 정광에 들어있는 쓸모있는 성분의 함유량은 $q\frac{\beta}{100}$t 이다. 이때 실수률(ε)은 정의에 의하여 다음과 같이 결정된다.

$$\varepsilon = \frac{q \cdot \beta}{Q \cdot \alpha} \cdot 100\ (\%) \tag{5-2}$$

선광에서 원광량에 대한 정광량의 비(%)를 정광산출률(γ)이라고 하며 다음과 같이 결정한다.

$$\gamma = \frac{q}{Q} \cdot 100\ (\%) \tag{5-3}$$

식 5-3을 식 5-2에 넣으면 다음과 같이 된다.

$$\varepsilon = \frac{\gamma \cdot \beta}{\alpha} \quad (\%) \tag{5-4}$$

만일 미광품위를 υ%라고 하면 다음과 같은 같기식이 성립된다.

$$\varepsilon = \frac{\beta(\alpha - \upsilon)}{\alpha(\beta - \upsilon)} \cdot 100\ (\%) \tag{5-5}$$

선광비(축소비)란 원광량과 정광량과의 비를 말하는데 그 절대값은 정광 1t을 얻는데 필요한 원광량의 t수를 의미한다.

선광비 R는 다음과 같이 계산된다.

$$R=\frac{Q}{q}=\frac{100}{\mathrm{r}}=\frac{\beta-\upsilon}{\alpha-\upsilon}$$

선별효률 (η)은 리론적으로 정광으로 걷어들일 쓸모있는 성분의 량에 대한 실지 정광으로 걷어들인 쓸모있는 성분량의 비를 말한다.

다시말하면 정광에 걷어들인 쓸모있는 광물의 실수률과 그 정광에 섞인 맥석광물의 섞임률과의 차이를 특징지으며 다음과 같은 식으로 계산된다.

$$\eta=\frac{\varphi(\varepsilon-\gamma)}{\varphi-\alpha}$$

φ-광물에 들어있는 쓸모있는 성분의 리론적인 함유률, %

2. 선탄에 대한 기본지식

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《생산되는 석탄의 질을 높이기 위하여 중요탄광들에 선탄시설들을 갖추도록 하며 석탄의 용도에 따라 해당한 품위와 규격을 제정하여 석탄을 효과적으로 리용하는 대책을 세워야 하겠습니다.》

오늘 우리 나라에서 석탄은 연료와 동력의 기본자원으로서 주체공업의 식량과 같다.

이처럼 귀중한 석탄을 허실없이 효과적으로 리용하자면 석탄을 선탄하여 그 질을 높일뿐아니라 그것을 용도에 맞게 품위별, 규격별로 공급해주어야 한다.

일반적으로 선탄이란 캐여낸 석탄가운데서 쓸모가 적거나 쓸모가 없는것을 갈라내는 작업을 말한다.

선탄은 선탄장에서 한다.

선탄장에서 선탄이 얼마나 잘되였는가 하는것은 선광장에서처럼 원광품위와 정광품위를 가지고 계산한 선광실수률과 같은 지표로 평가하는것이 아니라 석탄이 탈 때 남은 재(회분)를 얼마나 낮추었는가 하는 회분함유률이라는 지표로 평가한다.

회분함유률이란 원탄량에 대한 그속에 들어있는 회분량의 백분률을 말한다.

선탄장에서의 선탄공정은 선광장에서의 선광공정과 별로 차이가 없으며 선탄법도 선광장에서 쓰는 선광법들이 그대로 적용된다.

선탄장에서는 석탄과 버럭의 밀도차이를 리용하는 중력선탄법(선광장에서는 중력선광법)이 제일 많이 쓰이고있다.

제2절. 선별준비공정

선광장(선탄장)들에서 광석(석탄)의 파쇄와 분쇄는 기본공정인 선광(선탄)에 앞서 진행하는 중요한 선별준비공정이다.

선광장의 파쇄와 분쇄공정들에서는 원광을 선광공정의 기술공학적요구에 맞게 잘 처리하여야 한다.

1. 파쇄와 채질

1) 파쇄

(1) 파쇄에 대한 기본개념

광석이나 석탄은 그의 물리기계적성질과 채굴장의 규모 및 채굴법에 따라 서로 다른 크기로 나온다.

로천채굴장들에서는 광석이 보통 700mm이상의 크기로 나오며 지하채굴장들에서는 250~500mm의 크기로 나온다.

쓸모있는 광물들은 이러한 큰 덩어리안에서 다른 광물들과 결합상태로 들어있다.

광석을 선별하여 쓸모있는 광물들을 맥석광물들로부터 분리하기 위하여서는 먼저 광석에 들어있는 광물들을 서로 떼여내는것(단체분리)이 필요하다. 광물들의 단체분리 바로 이것이 광석을 파쇄하고 분쇄하는 기본목적의 하나이다.

이밖에 파쇄는 광석을 다루기(상차, 하차, 운반 등) 편리하게 하기 위하여서와 광석이나 암석 또는 석탄의 공급조건에서 수요자의 요구를 충족시키기 위하여서도 적용된다.

파쇄에서는 파쇄비라는 말을 흔히 쓰고있다.

파쇄비란 파쇄전의 광석덩어리의 최대크기와 파쇄한 다음 산물의 최대크기의 비를 말하는데 다음과 같이 표시된다.

$$i = \frac{D}{d}$$

i-파쇄비

D-파쇄전 덩어리의 최대크기, mm

d-파쇄산물의 최대크기, mm

례를 들면 파쇄전 원광의 크기가 300mm이고 파쇄한 산물의 크기가 15mm이면 파쇄비는 300/15=20이다.

광석의 파쇄는 처리하는 덩어리들의 크기를 고려하여 그에 알맞는 기계를 써서 굵은데로부터 순차적으로 몇개의 단계로 나누어 진행하는것이 보통이다.

(2) 광석과 석탄의 파쇄과정

다양한 물리적성질과 크기를 가지는 광석이나 암석 또는 석탄을 파쇄하고 분쇄하는데 각이한 방법들과 여러가지 형태의 파쇄기들과 분쇄기들이 쓰이고있다.

가장 널리 쓰이는 파쇄방법은 기계적인 방법들이며 여기에는 외력의 작용특성에 따라 눌러깨기, 꺾어깨기, 쪼개깨기, 갈아깨기, 때려깨기, 찢어깨기 등이 있다.(그림 5-5)

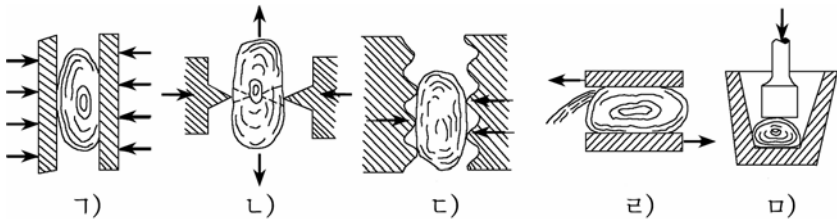



그림 5-5. 기계적인 파쇄방법들

ㄱ-눌러깨기, ㄴ-꺾어깨기, ㄷ-쪼개깨기, ㄹ-갈아깨기, ㅁ-때려깨기

기계적인 파쇄방법들가운데서 가장 경제적이고 널리 쓰이고있는것은 압쇄이며 비경제적인 파쇄방법은 마쇄이다.

큰 덩어리재료를 굵게 파쇄하는 경우에는 눌러깨기와 꺾어깨기방법이 쓰이고 잔 재료를 가루로 바수는 경우에는 때려깨기와 갈아깨기를 덧붙인 파쇄방법이 쓰인다.

깨지기 쉬운 석탄과 같은 재료를 가루가 덜 생기게 파쇄하는 경우에는 쪼개깨기를 쓰는것이 좋다.

기계적인 파쇄방법밖에 고주파전류나 초음파진동의 원리에 기초한 파쇄방법도 알려지고있다.

(3) 파쇄기

모든 파쇄기들은 구조와 작용원리에 따라 턱형파쇄기, 원추형파쇄기, 로라파쇄기, 타격파쇄기로 나눈다.

① 턱형파쇄기

턱형파쇄기는 두개의 턱판사이에서 광석을 주기적으로 눌러깨기방법으로 파쇄한다. 턱형파쇄기는 주로 조쇄용으로 쓰이며 때에 따라서 중쇄용으로도 쓰인다.

턱형파쇄기에는 단순요동식과 복잡요동식턱형파쇄기가 있다.

단순요동식턱형파쇄기는 선광장을 비롯하여 다른 공업부문들에서도 널리 쓰이고있는 파쇄기이다.

이 파쇄기는 네모난 본체로 되여있는데 이 본체의 한쪽 내부턱에는 고정턱 1이 붙어있다.(그림 5-6)

고정턱의 맞은편에는 가동턱 2가 수평축에 매달려있다.

가동턱은 련결대 4와 밀판 5를 거쳐 편심축 3의 회전운동을 요동운동으로 바꾸어 전달받는다.

련결대가 올라가면 가동턱은 고정턱쪽으로 이동한다. 이때 고정턱과 가동턱사이에 끼워있는 광석덩어리들이 깨여진다.

반대로 련결대가 아래로 내려올 때에는 가동턱이 고정턱으로부터 물러나며 깨여진 광석이 밑으로 빠져나온다.

그림 5-6. 단순요동식턱형파쇄기

1-고정턱, 2-가동턱, 3-편심축, 4-련결대, 5-밀판, 6-당김대, 7-용수철, 8-조절쐐기, 9-관성바퀴, 10-수평축

이때 두 턱사이의 웃부분에 끼워있던 큰 덩어리들은 파쇄공간의 아래부분으로 내려오며 다음 주기의 파쇄작용을 받는다.

가동턱이 밀판을 사이에 두고 련결대에 맞물려있게 하기 위하여 용수철 7에 의하여 항상 당김상태에 있는 당김대 6이 가동턱을 뒤로 당겨주고있다.

깨여진 광석이 빠져나가는 배출구의 너비는 조절쐐기 8에 의하여 변동되는데 이에 따라 파쇄비의 값이 달라진다.

편심축의 한쪽에는 관성바퀴 9가, 다른쪽에는 편심축을 돌려주기 위한 피대바퀴가 붙어있다. 질량이 큰 관성바퀴자체는 가동턱이 고정턱에서 물러날 때 전동기가 내는 에네르기를 저장하였다가 가동턱이 고정턱쪽으로 이동할 때 소비하게 된다.

고정턱과 가동턱이 마주 향한 겉면은 가장 빨리 마모되기때문에 여기에 안붙임판을 붙인다.

이 안붙임판들의 겉면은 톱날모양으로 되여있으므로 덩어리를 쉽게 깰수 있게 되였다.

밀판은 가동턱과 련결대사이에서 량옆으로부터 항상 눌리운 상태에 있으면서 가동턱을 뒤에서 떠밀어주는 작용을 한다.

동시에 파쇄공간에 쇠붙이와 같은 물건이 들어오면 그자체가 부러지면서 기계의 다른 중요한 부속들이 깨지지 않도록 보호하는 역할도 수행한다.

밀판은 쉽게 갈아맞출수 있다.

턱형파쇄기의 기본치수는 파쇄공간의 웃끝에 있는 급광구의 너비와 길이로 표시한다.

급광구의 너비에 따라 깰수 있는 덩어리의 최대크기가 규정되는데 그 크기는 급광구너비의 0.8~0.85이하가 되도록 한다.

급광구의 길이는 너비의 1.6배이하이다.

② 원추형파쇄기

현재 선광장들에서 가장 많이 쓰이고있는 파쇄기는 원추형파쇄기이다.

원추형파쇄기는 주로 쓰이는 위치에 따라 조쇄용, 중쇄용, 세쇄용으로 구분한다.

모든 원추형파쇄기들은 가동원추가 고정원추에 가까와지는 순간마다 덩어리들을 련속적으로 깨는 원리로 작업한다.

원추형파쇄기는 축을 지지하는 방법에 따라 두가지 형식으로 제작하고있다. 그 한가지는 축을 우에서 매달아주는 형식인데 이것은 조쇄용으로 쓰이며 다른 한가지는 축을 중간에서 받들어주는 형식인데 이것은 중쇄와 세쇄용으로 쓰인다.

조쇄용원추파쇄기는 광석을 누르면서(압쇄) 동시에 갈아(마쇄) 파쇄하는 파쇄기로서 본체, 가동원추, 현수장치, 전동장치 등으로 되여있다.(그림 5-7)

그림 5-7. 조쇄용원추파쇄기

1-아래본체, 2-중간본체, 3-웃본체, 4-현수장치, 5-가동원추, 6-전동장치

아래본체는 기초에 놓이면서 파쇄기의 다른 부분들을 지지해주는 역할을 한다.

그리고 중간본체는 광석을 파쇄하는 고정작업벽의 역할을 하므로 여기에는 안붙임이 붙어있다.

광석을 파쇄한다는 의미에서 이것

을 고정원추라고 부른다.

또한 웃본체는 광석을 공급하는 역할을 한다.

가동원추는 편심통으로부터 동력을 전달받아 광석을 직접 파쇄하는 역할을 한다.

그러므로 작업기관이라고도 말할수 있다.

여기에도 역시 안붙임이 붙어있다.

현수장치는 웃본체의 꼭대기에 주축을 달아매여주는 역할을 한다.

편심통은 가동원추가 고정원추안에서 편심선회운동을 할수 있게 하는 역할을 한다.

전동장치는 전동기의 동력을 편심통에 전달해주는 역할을 한다.

조쇄용원추파쇄기가 광석을 파쇄하는 원리는 다음과 같다.(그림 5-8)

전동축이 회전하면 원추치차를 거쳐 편심통이 회전한다. 이때 편심통에 꽂혀있는 주축의 중심선 OO_1은 파쇄기의 중심선 OO_2주위로 일정한 편심반경 r를 가지고 회전한다.

그림 5-8. 조쇄용원추파쇄기의 작용원리
1-가동원추, 2-고정원추, 3-현수장치, 4-주축, 5-편심통, 6-큰 원추치차, 7-작은 원추치차, 8-전동축

따라서 주축에 고정되여있는 가동원추도 축과 함께 회전하면서 고정원추에 가까와졌다멀어졌다한다.

광석은 가동원추가 고정원추에 가까와지는 때에 파쇄되는데 이때 파쇄되는 부분을 파쇄대라고 한다.

깨여진 광석은 가동원추가 고정원추로부터 멀어질 때 배출되는데 이 부분을 배출대라고 한다.

이 파쇄기에서 원광은 두 파쇄원추사이의 파쇄공간으로 들어와 파쇄되고 파쇄산물은 두 원추사이의 가락지모양의 배출구로 빠져 수채우에 떨어진다.

배출구의 너비는 주축을 올리거나 내리는 방법으로 조절하게 되여있다.

조쇄용원추파쇄기의 크기는 급광구의 너비 B로 표시한다.(그림 5-9)

이 파쇄기의 우점은 처리능력이 크고 작업과정에 진동이 심하지 않으며 동력소비가 작은것이다. 그러므로 규모가 큰 선광장에서 많이 쓰인다.

중쇄 및 세쇄용원추파쇄기는 구조와 작업원리에 있어서 조쇄용원추파쇄기와 비슷하다.

그러나 다른 점은 조쇄용보다 고정원추와 가동원추사이의 파쇄공간이 좁고 특히는 배출구의 가까이에서 두 원추부가 평행을 이루므로 파쇄산물의 크기가 매우 작으면서도 균일한것이다.

그림 5-9. 조쇄용원추파쇄기에서 파쇄산물의 배출

그리고 가동원추가 우에 매달려있는것이 아니라 구면베아링에 의하여 받들려있으며 가동원추가 고정원추에 가까와질 때 두 원추모선이 서로 평행인 평행대가 이루어지는것이다.

그림 5-10에 중쇄 및 세쇄용원추파쇄기의 작용원리도를 주었다.

그림에서 보는바와 같이 전동축 7로부터 원추치차쌍 6, 8을 거쳐 편심통 9에 회전운동이 전달되면 편심통은 회전한다. 이때 주축의 중심선 OO_1은 원추겉면을 그린다.

그리하여 가동원추 3은 고정원추 4의 안에서 회전운동을 하면서 고정원추에 가까와지는 점에서는 광석덩어리들이 깨여지며 멀어지는 점에서는 파쇄산물이 빠져나간다.

원광은 분배원판 5를 거쳐 파쇄공간에 고르롭게 공급된다.

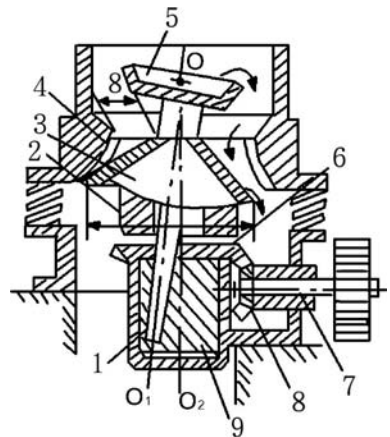



그림 5-10. 중쇄 및 세쇄용원추파쇄기의 작용원리
1-주축, 2-구면베아링, 3-가동원추, 4-고정원추, 5-분배원판, 6,8-원추치차쌍, 7-전동축, 9-편심통

중쇄용원추파쇄기가 세쇄용원추파쇄기와 구조상 다른 점은 평행대의 길이인데 중쇄용에서는 그 길이가 가동원추의 아래직경의 1/10~1/12에 불과하지만 세쇄용에서는 그것이 1/6이나 되므로 현저히 긴것이다.

중쇄용원추파쇄기에서는 대체로 70~300mm의 원광을 받아 그것을 12~50mm의 크기까지 깨며 세쇄용원추파쇄기에서는 35~100mm의 원광을 받아 그것을 3~15mm까지 깬다.

③ 로라파쇄기

로라파쇄기는 중쇄나 세쇄용으로 주로 가루가 많이 생기지 않게 깨는데 쓰인다.

로라파쇄기는 취약한 철망간중석이나 석석과 같은 광석을 처리하는 중력선광장들에서 흔히 쓰이고있다.

파쇄로라는 그 겉면을 매끈하게도 만들며 덩어리가 물려들어가기 쉽고 가루가 덜 생기도록 뾰족한 이발을 달거나 다른 굴곡을 두도록 만든다.

매끈한 로라파쇄기는 광석을 주로 눌러깨는 원리로 작업하며 이발로라파쇄기는 석탄과 같이 잘 깨지는 재료를 쪼개깨는 원리로 작업한다.

로라파쇄기에서 본체는 네모난 주강틀 1로 되여있다.(그림 5-11)

한쪽 로라 2는 본체에 고정된 베아링 4에서 돌아가는 축 3에 꽂혀있고 다른 한쪽 로라 5는 축 6에 꽂혀있는데 이 축은 유도홈 8을 따라 이동할수 있는 베아링 7에서 돌아간다.

이발로라파쇄기에는 홑이발로라식과 쌍이발로라식이 있다.

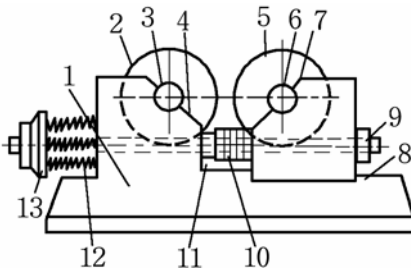



그림 5-11. 로라파쇄기의 략도

1-주강틀, 2,5-로라, 3,6-축, 4,7-베아링, 8-유도홈, 9-당김대, 10-쐐기, 11-토시, 12-용수철, 13-조임나트

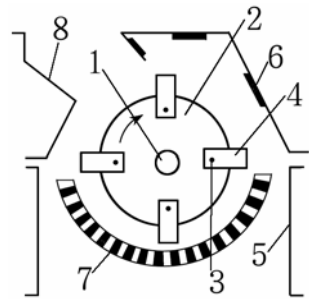



그림 5-12. 타격파쇄기

1-축, 2-회전자, 3-돌쩌귀, 4-마치, 5-몸체, 6-반사판, 7-살창, 8-급광구

④ 타격파쇄기

타격파쇄기에는 마치파쇄기들과 회전자파쇄기들이 속하는데 이것들은 석회암이나 석탄, 석면과 같이 깨지기 쉬운 재료를 깨기 위하여 쓰인다.(그림 5-12)

마치가 돌쩌귀식으로 매달려있는것을 마치파쇄기라고 부르며 회전자에 억세게 고정한것을 회전자파쇄기라고 부른다.

마치파쇄기의 파쇄과정은 빠른 속도로 회전하는 마치의 타격에 의하여 진행된다.

이와 함께 재료덩어리들은 반사판의 벽과 막대살창의 보들에 부딪쳐 깨여진다.

2) 채질

(1) 부스러진 재료의 굵기특성

광석과 석탄은 그것을 캘 때 1차적으로 부스러지고 선광장이나 선탄장에서 그것을 깨거나 분쇄할 때 다시 부스러진다.

채질은 부스러진 재료에 대하여 적용한다.

재료의 굵기특성이란 그 재료를 이루고있는 개별적인 알무리들의 크기와 그것들의 함유률사이의 관계를 말한다.

부스러진 재료의 굵기특성은 채분석, 침강분석, 현미경분석 등의 방법으로 알아낼수 있다.

채질분석에서는 재료를 채눈의 크기가 서로 다른 여러개의 채를 써서 채질하여 크기가 각이한 알무리들로 갈라놓는다.

그다음 매개 알무리들의 질량을 재여 질량함유률을 결정함으로써 재료의 굵기특성을 결정한다.

재료의 채질분석에서는 표준채를 쓴다.

표준채에는 몇가지 계렬들이 있다.

채눈비가 $\sqrt{2}$ 인 표준채계렬에는 채눈의 크기가 0.073 66mm(약 0.074mm)인 200메쉬의 채를 기준으로 하고있다.

여기서 메쉬란 채의 쇠줄에 평행되는 방향에서 길이 1inch(약 25.4mm)안에 들어있는 채눈의 수를 말한다.

채질분석은 재료의 특성과 요구되는 정밀도에 따라 건식, 습식 혹은 련합식방법으로 진행한다.

채질분석결과는 다음과 같이 표에 기입한다.

어떤 광석을 로라파쇄기에서 깬 다음 채질분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다고 하자.(표 5-1)

채질분석결과 표 5-1

알무리의 크기/mm	메쉬	산출량/kg	산출률/%	적산산출률/%	
				우로부터	밑으로부터
-1.00+0.833	-14+20	0.089	4.45	4.45	100.00
-0.833+0.598	-20+28	0.513	25.65	30.10	95.55
-0.598+0.417	-28+35	0.398	19.91	50.01	69.90
-0.417+0.295	-35+48	0.162	8.08	58.09	49.99
-0.295+0.208	-48+65	0.287	14.35	72.44	41.91
-0.208+0.147	-65+100	0.15	6.74	79.18	27.56
-0.147+0.104	-100+150	0.092	4.60	83.78	20.82
-0.104+0.074	-150+200	0.058	2.87	86.63	16.22
-0.074+0	-200	0.206	13.35	100.02	13.35
	합	2.00	100.0	-	-

※ <->는 채아래알무리, <+>는 채웃알무리

채질분석결과를 도표로 그리면 재료의 굵기특성을 직관적으로 알아볼수 있다.(그림 5-13)

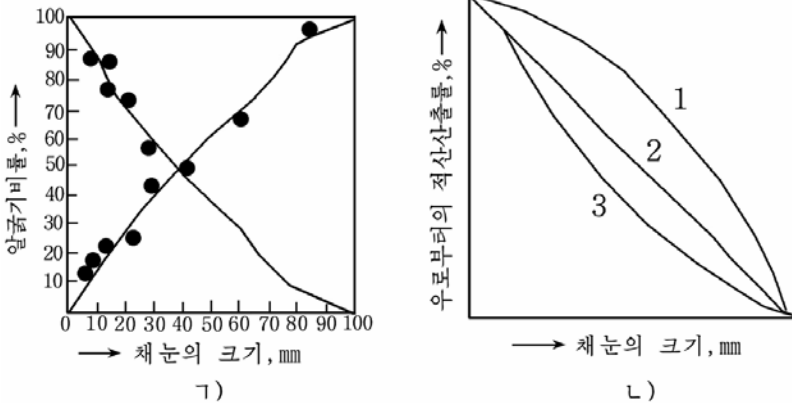



그림 5-13. 재료의 알굵기특성

ㄱ-알굵기특성곡선, ㄴ-적산산출률특성곡선의 모양들

재료가운데에 굵은 알무리들이 많이 들어있으면 적산산출률특성곡선은 우로 구부러진 모양(그림의 곡선 1)으로 나타나고 반대로 보드라운 알무리들이 많으면 아래로 구부러진 모양(그림의 곡선 3)으로 나타나며 각 알무리들이 고르롭게 들어있으면 직선(그림의 직선 2)으로 된다.

(2) 채질에 대한 개념

채질이란 부스러진 재료를 채로 쳐서 덩어리나 알갱이의 크기별 알무리로 가르는 기술공학적조작을 말한다.

크기가 여러가지인 덩어리나 알갱이들이 섞여있는 재료를 채질하면 채눈의 크기보다 작은 덩어리나 알갱이들은 채눈을 빠져내리고 채눈의 크기보다 큰 덩어리와 알갱이들은 채면우에 남는다.

채눈을 빠져나간 산물을 채아래산물, 채면우에 남는 산물을 채웃산물이라고 하고 공정계통도에서는 이것들을 각각 -, +로 적는다.

채질은 채로 하는데 채의 작업면은 채면이며 여기에는 막대살창, 구멍고무판 그리고 쇠줄그물이 있다.(그림 5-14)

막대살창은 일정한 모양(주로 제형)의 자름면을 가지는 철봉들을 서로 일정한 거리를 두고 평행으로 가름대(볼트)에 꽂아서 만든것이다.(그림 5-14의 ㄱ)

구멍고무판은 대체로 40~100mm의 크기를 가지는 같은 모양의 구멍을 굳은 고무판에 뚫어서 만든것이다.(그림의 ㄴ)

쇠줄그물은 짜서 만들거나 날실쇠줄이나 씨실쇠줄이 잘 움직이지 않도록 쇠줄들에 형을 잡아 조립하여 만든다.

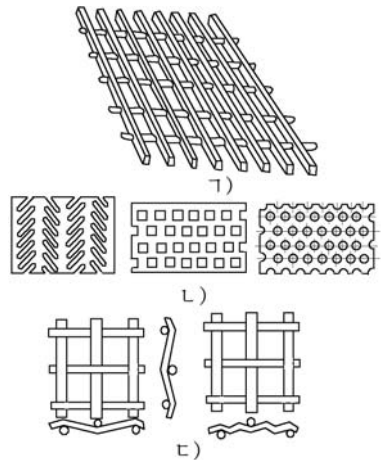
그림 5-14. 채면의 종류
ㄱ-막대살창, ㄴ-구멍고무판 및 철판, ㄷ-쇠줄그물

채질의 정확성은 채질효률에 의하여 평가할수 있다.

채질효률이란 채눈의 크기가 일정할 때 원재료가운데에 들어있는 채아래산물로 되여야 할 알무리량에 대한 채아래산물의 량의 비를 말한다.

이것은 결국 채눈의 크기보다 작은 알무리의 실수률이다.

채아래산물의 량을 T, 원재료에 들어있는 a(a-채눈의 크기, mm)보다 작은 알무리의 함유량을 Q_1이라고 하면 채질효률 E의 값은 다음과 같이 결정된다.

$$E = \frac{T}{Q_1} \cdot 100 \quad (\%)$$

(3) 채

선광장이나 선탄장들에서는 여러가지 구조를 가진 기계채들을 쓴다.

이러한 채들에는 막대채, 원통채, 진동채 등이 있다.

① 막대채

막대채에는 고정막대살창채와 곡면채가 있다.

고정막대살창채는 여러가지 모양의 철봉들을 일정한 간격으로 평행되게 가름대(볼트)에 맞추어 만든 평면채이다.(그림 5-15)

큰 덩어리광석에 쓰이는 고정막대살창채에서 가름대사이의 거리는 500~600mm이하로 하고있다.

그림 5-15. 고정막대살창채
1-볼트, 2-철봉,
3-가름대, 4-고정틀

이러한 고정막대살창채는 조쇄나 중쇄에 앞서 파쇄한 산물의 크기보다 작은 알무리를 미리 제거하여 파쇄기의 부담을 덜고 동력소비를 낮추기 위하여 쓰인다.

이밖에도 이 채는 광사우에도 설치하여 원광에서 일정한 크기를 넘는 큰 덩어리들을 갈라내는데도 쓰인다.

고정막대살창채는 수평에 대하여 35~50°의 경사각으로 설치된다.

이 경사각은 주로 채질할 재료의 성질에 따르는데 광석을 채질하는 경우에는 40~45°, 석탄을 채질하는 경우에는 30~35°의 범위에 있다. 재료가 젖어있으면 경사각을 우의 값보다 5~10%만큼 더 크게 한다.

이 채의 우점은 구조가 매우 간단하고 든든하며 동력을 쓰지 않는것이다.

결함은 선광장건물의 높이를 커지게 하고 젖은 찰흙성분이 들어있으면 채질효률이 많이 떨어진다는것이다.

곡면채는 재료의 급광방법에 따라 가압식과 비가압식곡면채로 나눌수 있다. 가압식곡면채는 철판을 용접하여 만든 본체 1과 그 내부에 고정시킨 채면 2로 이루어져있는데 채면은 제형자름면의 쇠줄로 조립되여있다.

나사 5에 의하여 위치가 정해지는 조절판 6이 급광통 7에 설치되여있다.(그림 5-16)

그림 5-16. 가압식곡면채
1-본체, 2-채면, 3-형강틀,
4-쐐기, 5-나사, 6-조절판

채면은 형강틀 3에 설치하는데 채면을 이루는 쇠줄을 광액상태의 재료흐름에 수직되도록 배치하고 쐐기 4로 고정시킨다.

채면의 아래부분은 로출되여있는데 이 부분의 경사각은 30~35°이다.

원광액은 0.25MPa이하의 압력으로 채면에 공급되여 접선방향에서 일정한 속도로 흘러내린다.

이때 원심력의 작용을 받아 광액에 들어있는 감탕분과 물이 흐름에서 갈라져서 채아래산물로 빠져나가고 감탕분과 물의 대부분이 제거된 재료가 채웃산물로서 채우를 떨어져내린다.

채의 곡률반경은 대체로 500~800mm범위에 있다.

곡면채는 처리능력이 높고 채질효률도 약 90%까지 보장할수 있는 우점이 있다.

② 원통채

원통채는 수평중심축 혹은 약간 경사진 중심축에 붙어 돌아가는 원통, 원추대 혹은 각통으로 되여있고 그 통들자체는 쇠줄그물이나 구멍철판인 채면으로 되여있다.(그림 5-17)

원통중심선의 경사각은 1~14°정도이다.

채질할 원재료는 원통의 웃끝에서 원통안으로 들어오고 원통의 회전운동에 의하여 재료는 내부벽면을 따라 마찰되면서 물매방향으로 미끄러져내려온다.

이때 채눈의 크기보다 작은 알갱이들은 채눈을 빠져내리며 원통의 아래끝에서 채웃산물이 나온다.

이 채는 흙과 찰흙을 많이 함유하고있는 광석을 습식으로 채질할 때 효과적이다.

그림 5-17. 측면이 라선형강으로 되여있는 원통채
1-급광통, 2-채테, 3-채면, 4-지지굴개, 5-채틀, 6-전동장치

채눈의 크기는 3~60mm범위에 있다.

원통채는 구조가 간단하고 회전속도가 높지 않으며 기초에 큰 짐이 걸리지 않을뿐아니라 진동과 충격이 거의 없이 돌아가는 우점이 있다.

그러나 설치면적과 쓰는 동력에 비하여 처리능력이 낮고 채질효률도 높지 못한 결함이 있다.

이 채는 주로 석탄을 채질하는데 쓴다.

③ 평면진동채

진동채는 진동장치(진동기구)의 형식과 그에 따르는 채면의 진동특성에 따라 편심식진동채, 관성식진동채, 전기식진동채 등으로 나눈다.

편심식진동채는 틀 1에 설치된 주축베아링에 받들리여 회전하는 축 8, 채면 9를 댄 채통 3, 채통에 맞춘 2개의 가동베아링 10, 지지다리 2, 받들개 5, 판용수철 4, 균형추 7이 달린 바퀴 6 그리고 전동바퀴 12로 되여있다.(그림 5-18)

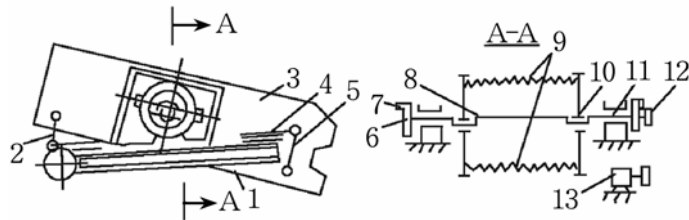



그림 5-18. 편심식진동채의 략도

1-틀, 2-지지다리, 3-채통, 4-판용수철, 5-받들개, 6-바퀴, 7-균형추, 8-축, 9-채면, 10-가동베아링, 11-주축베아링, 12-전동바퀴, 13-전동기

주축은 피대전동에 의하여 전동기 13으로부터 회전운동을 전달받는다.

축이 회전하면 채통의 가운데부분은 수직면에서 일정한 원운동을 하지만 채통의 끝부분으로 감에 따라 점차 채면방향에 길죽한 타원을 그리게 된다.

이 채는 400mm까지의 크기를 가지는 재료를 채질하는데 쓰일수 있으나 구조가 복잡하고 동력학적으로는 균형상태가 잘 이루어지지 않는 결함이 있기때문에 아직 선광장들에서는 많이 쓰이지 않는다.

관성식진동채는 관성력에 의하여 진동운동을 하는 진동채를 쓴 채로서 퉁성지지다리나 세지 않은 용수철에 달린 매달개를 적용하여 채틀과 건물에 주는 동력학적짐의 크기를 많이 감소시키고있다.

관성식진동채에는 단순이김추식(불평형추), 자체중심식, 쌍이김추식, 공명식채들이 있다.

선광장들에서 많이 쓰이고있는 진동채는 쌍이김추식진동채이다.(그림 5-19)

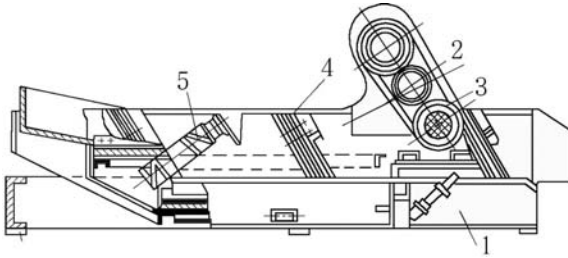



그림 5-19. 쌍이김추식진동채
1-고정틀, 2-채통, 3-진동자, 4-용수다리, 5-나사용수

이 채는 고정틀 1과 용수다리 4에 의하여 이어져있는 채통으로 되여있다.

진동자는 채면과 55°의 각을 이루도록 채통에 붙어있다. 진동자 3은 고정틀에 설치되여있는 전동기로부터 피대전동장치에 의하여 회전운동을 전달받는다.

진동자는 밀폐축함안에 들어있는 2개의 이김추로 되여있고 그것들은 서로 치차로 맞물려 돌아간다.

이 형식의 진동채는 선광장들에서 주로 비교적 보드라운 재료를 채질하는데 쓰인다.

이 채를 쓰면 채질효률을 높이면서도 더 많은 광석을 처리할수 있다.

이 채의 기본결함은 구조가 복잡하고 용수다리가 자주 파손되는것이다.

2. 분쇄와 분급

1) 분쇄

(1) 분쇄에 대한 기본지식

분쇄란 선별에 앞서 진행하는 준비조작으로서 이미 파쇄한 광석덩어리들을 보다 보드라운 알갱이들로 만드는것을 말한다. 다시말하여 광석속에 서로 밀접히 결합되여있는 여러가지 광물알갱이들을 홑알로 떼여내는 작업이라고 볼수 있다. 이때 나오는 분쇄산물은 가루상태이다.

그러므로 광석을 잘 분쇄하여야 광물알갱이들의 단체분리를 성과적으로 할수 있고 선별도 잘할수 있다.

선광장들에서는 광석을 분쇄하기 위하여 대부분 회전원통형분쇄기를 쓰고있다.

이 분쇄기는 원통 1로 되여있고 그 두 옆면 2와 7에는 각각 속빈 축목 3과 6이 붙어있다.(그림 5-20)

분쇄하여야 할 원광은 한쪽 축목을 통하여 원통안에 들어가고 다른쪽 축목으로는 분쇄산물이 나간다.

원통안에는 분쇄매체인 볼이나 롯드 혹은 자갈을 넣는다.

원통이 메달 4와 5에 받들리워 돌면 분쇄매체들과 분쇄된 광석은 원심력과 마찰에 의하여 원통안벽을 따라 일정한 높이까지 올라갔다가 아래로 떨어져내린다. 이때 광석은 분쇄매체의 타격과 굴음에 의한 갈아깨기작용으로 분쇄된다.

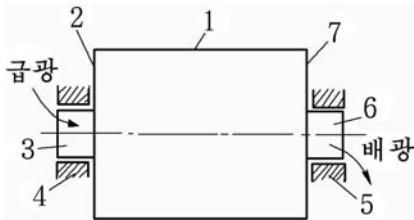



그림 5-20. 회전원통형분쇄기의 작용원리도
1-원통, 2,7-옆면,
3,6-속빈축목, 4,5-메달

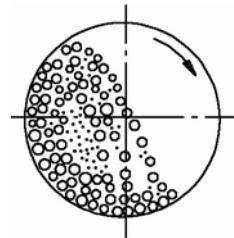



그림 5-21. 분쇄기안벽에서의 볼의 운동

모든 분쇄기들의 작업원리는 기본적으로 같기때문에 한가지 형식의 기계 즉 볼분쇄기의 작업조건에 대하여서만 보기로 하자.(그림 5-21)

볼분쇄기에서 분쇄매체인 볼은 분쇄기가 돌 때 일정한 높이까지 올라갔다가 떨어지면서 광석을 분쇄한다.

분쇄기원통의 회전속도가 너무 높으면 볼은 큰 원심력의 작용을 받아 원통의 안벽에 붙어서 그것과 함께 돌게 될것이다. 이렇게 되면 안벽에 붙은 볼들은 광석을 바수는 역할을 제대로 하지 못한다.

반대로 원통의 회전속도가 지나치게 뜨면 볼은 일정한 높이까지 올라가지 못하고 원통아래부분에서 밀려 올라갔다내려갔다하면서 역시 효과적인 때려깨기작용을 하지 못한다.

여기로부터 원통의 회전속도가 분쇄기의 분쇄작용에 본질적인 영향을 미친다는것을 알수 있다.

$$n_0 = \frac{42.4}{\sqrt{D}}$$

D-원통의 직경, m

이 식에 의하여 결정되는 원통의 회전속도(n_0)를 림계회전속도라고 한다.

분쇄원통이 이러한 속도로 돌면 A_1점에서나 떨어질수 있는데 이렇게 되면 벌써 가장 적합한 속도를 넘어 분쇄매체의 효과적인 작용이 보장될수 없다.(그림 5-22)

그림 5-22. 원통의 회전속도

볼은 A_1점까지 이르기 전에 안벽에서 떨어져야 하며 이를 위하여서는 회전속도가 림계회전속도보다 낮아야 한다.

실제회전속도를 림계회전속도보다 얼마나 낮추어야 하는가 하는것은 광석의 분쇄성과 분쇄조건에 따른다.

대부분의 경우에 가장 적합한 회전속도는 림계회전속도의 75~88%범위에 있다고 본다. 즉

$$n_{실}=(0.75\sim0.88)n_0$$

분쇄기에서 분쇄매체의 장입량은 기계의 처리능력과 동력소비, 강철(매체와 안붙임)의 소비에 큰 영향을 미친다.

볼의 가장 적합한 장입량은 분쇄기의 용적 $1m^3$당 1 700~1 950㎏이다.(볼의 밀도가 7 900㎏/m^3일 때)

분쇄기가 작업하면 볼이나 롯드는 점차 마모되기때문에 그것들을 넣어준 량이 줄어든다. 그러므로 분쇄기안에서 분쇄매체가 항상 적합한 량이 유지될수 있도록 새 볼이나 롯드를 보충하여주어야 한다.

보충적으로 넣어주는 볼이나 롯드의 량은 마모되여 없어지는 량과 같아야 한다.

분쇄한 광석 1t당 마모된 볼의 량은 볼자체의 재질과 광석의 특성 그리고 분쇄기의 작업조건에 따라 대체로 0.5~2.0㎏이다.

분쇄원통안에 직경이 같은 볼들만이 들어있으면 분쇄효률과 분쇄기의 처리능력이 떨어진다.

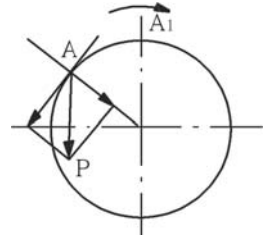
그러므로 분쇄원통안에는 항상 큰 볼들과 함께 직경이 작은 볼들이 일정한 비률로 섞여있어야 한다.

분쇄광액의 농도는 50~80%(고체함유률)일 때가 적합한데 원광이 굵으면 65~75%, 잘면 50~70%정도로 하고있다.

(2) 분쇄기

분쇄기에는 광석덩어리를 어떤 분쇄매체로 분쇄하는가에 따라 볼로 분쇄하는 볼분쇄기, 롯드로 분쇄하는 롯드분쇄기, 분쇄기의 원통안에 들어간 광석자체가 매체의 역할을 하는 자매체분쇄기가 있다.

① 볼분쇄기

분쇄매체로 볼을 쓰는 볼분쇄기는 분쇄산물의 배출방법에 따라 중

앙배광식과 살창배광식볼분쇄기로 나눈다.

지금 선광장들에서는 중앙배광식볼분쇄기를 많이 쓰고있다.

중앙배광식볼분쇄기는 두꺼운 철판을 용접하여 만든 원통 1, 두개의 옆판 2, 급광기 3, 급광속빈축 4, 배광속빈축 5, 큰 치차 등으로 되여있다.(그림 5-23)

원광은 급광기 3에 의하여 급광속빈축 4를 거쳐 들어간다.

분쇄된 산물은 그 반대쪽에 있는 배광속빈축 5를 거쳐 나간다.

원통에는 안붙임판들을 고정시키는 볼트구멍들이 뚫어져있다.

볼분쇄기에서 광석을 분쇄하는 매체인 볼은 말그대로 작은 고무공처럼 둥글게 생겼는데 보통 주강, 주철, 탄소강, 망간강으로 만든다.

그림 5-23. 중앙배광식볼분쇄기
1-원통, 2-옆판, 3-급광기, 4-급광속빈축, 5-배광속빈축, 6-큰 치차, 7-기초

볼의 직경은 40~150mm정도이다.

살창배광식볼분쇄기는 중앙배광식볼분쇄기에 비하여 원통의 직경이 길이보다 크고 분쇄산물이 살창을 거쳐 강제적으로 배출된다는 점에서 차이가 있다.

살창배광식볼분쇄기는 원통, 옆판, 급광기, 베아링, 살창, 배광속빈축, 감속기, 전동기 등으로 되여있다.(그림 5-24)

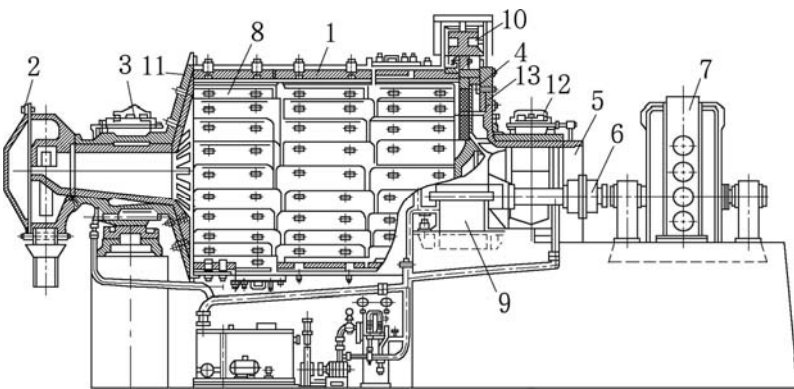



그림 5-24. 살창배광식볼분쇄기
1-원통, 2-급광기, 3,12-베아링, 4-살창, 5-배광속빈축, 6-감속기, 7-전동기, 8-안붙임판, 9-작은 치차, 10-큰 치차, 11,13-옆판

분쇄기의 배출구쪽에는 분쇄산물을 내보내기 위한 구멍살창이 있다.

살창구멍의 크기보다 작게 바스러진 알갱이들은 살창을 지나 배출칸에로 나간다.

살창의 바깥쪽과 분쇄기의 옆판사이에는 방사방향으로 설치되여있는 륵골판이 붙어있다.

분쇄기가 돌면 이 륵골판은 광액을 퍼올려 배출원추에 쏟아준다.

배출원추의 정점은 배광속빈축에 향하여지도록 살창중심에 붙어있다.

광액은 원추의 모선을 따라 흘러내려 배광속빈축을 지나 분쇄기에서 나온다.

살창배광식볼분쇄기는 0.15mm이상의 분쇄산물을 내는 첫 단계의 분쇄에서 적용되는것이 보통이다.

② 롯드분쇄기

롯드분쇄기는 분쇄매체로서 롯드를 쓰며 구조는 중앙배광식볼분쇄기와 비슷하다.

원통의 길이는 직경의 1.5~2배정도로 하는것이 보통이다.

롯드분쇄기는 분쇄된 산물의 배출방법에 따라 중앙배광식과 주변배광식으로 나눈다.

구조적으로 볼 때 중앙배광식롯드분쇄기는 볼분쇄기에 비하여 배광속빈축의 직경이 훨씬 크다.(그림 5-25)

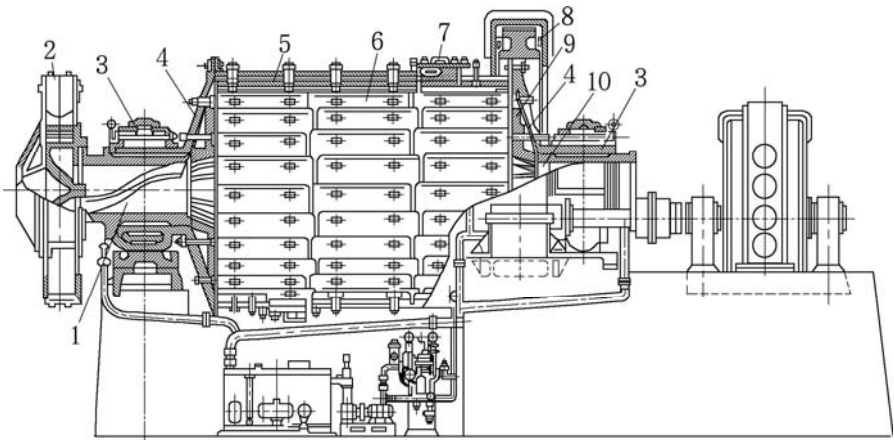



그림 5-25. 중앙배광식롯드분쇄기

1-급광속빈축, 2-급광기, 3-베아링, 4-옆판, 5-원통, 6-안붙임판, 7-출입구, 8-큰 치차, 9-옆판안붙임판, 10-배광속빈축

롯드분쇄기는 중력선광이나 볼분쇄기에 앞서 광석을 1~2mm의 크기로 잘게 깨기 위하여서도 적합하다.

이 분쇄기의 우점은 안붙임과 롯드자체의 마모량이 적다는것과 롯드가 볼에 비하여 값이 눅고 구하기 쉬운것이다.

또한 단위용적당 롯드의 질량이 크기때문에 롯드분쇄기의 처리능력이 볼분쇄기에 비하여 높다.

③ 자매체분쇄기

최근에 광석을 분쇄하는데 자매체분쇄기들이 점차 많이 쓰이고있다.

자매체분쇄기에서 분쇄매체는 볼이나 롯드가 아니라 광석덩어리자체이다.

자매체분쇄기에는 건식과 습식자매체분쇄기가 있다.

건식자매체분쇄기는 길이에 비하여 직경이 훨씬 큰 (대체로 5.5~12m) 짧은 원통으로 되여있다.(그림 5-26)

원통의 안면에는 레루대나 형강대를 대는데 이것들은 원통이 돌 때 광석을 우로 올려준다.

우로 올라간 광석덩어리들은 밑으로 떨어지면서 레루대와 부딪쳐 그자체가 깨지고 밑에 있는 잔 광석을 깬다.

분쇄된 산물은 통풍기에 의하여 빨리워 공기분급기에로 간다.

공기분급기는 필요한 굵기의 산물을 갈라내며 굵은 크기의 산물은 분쇄기에 다시 되돌려보낸다.

그림 5-26. 건식자매체분쇄기
1-급광콘베아, 2-급광통,
3-원통, 4-안붙임대,
5-배광속빈축

자매체분쇄기를 적용하면 중쇄나 세쇄는 물론 때로는 조쇄까지도 없앨수 있다.

자매체분쇄기는 롯드나 볼분쇄기에 비하여 기본투자와 운영비를 낮출수 있고 분쇄가 벽개면을 따라 일어나므로 단체분리가 보다 원만히 보장되게 할뿐아니라 선별지표도 높일수 있게 한다는데 그 우점이 있다.

2) 분급

(1) 분급에 대한 기본개념

분급이란 매질(물 혹은 공기)속에서 광물알갱이들이 떨어지는 속도

차이에 의하여 분쇄한 광석을 크기가 다른 알무리들로 가르는 기술조작을 말한다.

분급이 물에서 이루어지는 경우를 수력분급이라고 하며 공기에서 이루어지는 경우를 공기분급이라고 한다.

분급은 3~4mm이하로 잘게 분쇄한 광석알갱이들을 크기가 다른 알무리들로 가르는데 쓴다.

그것은 이렇게 잘게 분쇄한 광석을 채질하여 크기가 서로 다른 알무리들로 가르기가 공업적으로 매우 어렵기때문이다.

(2) 수력분급기

수력분급기란 물매질에서 광물알갱이가 떨어질 때 속도차이에 의하여 분쇄한 광석을 크기가 다른 알무리들로 가르는 설비를 말한다.

수력분급기는 그의 구조와 작용원리 그리고 모래의 배출방법에 따라서 크게 세가지로 나눈다.

① 모래를 수력의 작용에 의하여 배출하는 수력분급기

여기에는 분급통, 분급원추, 자유락하 및 간섭락하수력분급기가 있다.

② 모래를 긁개로 운반하는 기계식분급기

여기에는 라선분급기, 레끼분급기, 접시분급기, 긁개피대분급기 등이 있다.

③ 원심력의 작용에 의하여 분쇄한 광석을 크기가 다른 알무리별로 가르는 원심력분급기

여기에는 여러가지 종류의 물회리통이 있다.

수력분급기에서는 분급관에서 올리흐르는 물의 속도보다 락하속도가 더 큰 굵은 알갱이들은 아래로 떨어지고 보드라운 알갱이들은 물과 함께 우로 넘어가며 락하속도가 올리흐르는 물의 속도와 같은 알갱이들은 현수상태에 놓여있게 된다.

락하속도가 올리흐르는 물의 속도와 같은 알갱이를 경계알갱이라고 하며 그의 크기를 분급굵기라고 한다. 그리고 수력분급기에서 아래로 떨어지는 굵은 알갱이들을 모래라고 하며 우로 넘어나는 보드라운 알갱이들을 일류라고 한다.

(3) 라선분급기

이 분급기는 일류턱의 높이에 따라 높은 일류턱식(그림 5-27의 ㄱ, ㄹ), 낮은 일류턱식(그림의 ㄴ), 침몰식(그림의 ㄷ)라선분급기로 나눈다.

라선분급기는 자름면이 반원인 긴 분급통과 모래를 운반하는 라선, 일류턱, 모래배출턱 등으로 되여있다.

분쇄기에서 분쇄된 분쇄산물은 분급통으로 들어간다.

분급통에서 락하속도가 큰 굵은 알갱이(모래)들은 분급통바닥에 가라앉아 회전하는 라선에 의하여 분급통우로 올라가 분쇄기에로 되돌아가며 락하속도가 작은 보드라운 알갱이들은 물과 함께 일류턱을 넘어서 선별공정에로 간다.

그림 5-27. 라선분급기의 형식

ㄱ, ㄹ—높은 일류턱식,
ㄴ—낮은 일류턱식, ㄷ—침몰식

③ 원심력분급기(물회리통)

물회리통에서는 원심력의 작용에 의하여 분급이 진행된다. 즉 원심력의 작용에 의하여 굵은 알갱이들은 회리통벽에 가라앉고 보드라운 알갱이들은 회리통중심부에서 우로 떠올라 일류로 넘어난다.

그림 5-28에 물회리통을 주었다.

물회리통은 짧은 원통부 1과 길죽한 원추부 2로 되여있다.

원통부의 아래부분에는 급광관 3이 접선방향으로 고정되여있고 웃부분에는 일류배출관 5가 고정되여있으며 가운데에는 일류관 8이 고정되여있다.

원추부의 각도는 보통 20°로 한다.

원추부의 정점에는 모래배출구 4가 있다.

원통부의 직경(물회리통의 크기표시)은 흔히 150~350mm로 한다.

그림 5-28. 물회리통

1-원통부, 2-원추부,
3-급광관, 4-모래배출구,
5-일류배출구, 6-바깥쪽라선흐름길, 7-안쪽라선흐름길

급광광액은 일정한 압력(보통 0.05~0.2MPa)을 가지고 급광관을 거쳐 원통부에 접선방향으로 들어간다. 회리통안에서 광액은 큰 속도(7~10m/s)로 돌아간다.

따라서 광물알갱이에는 큰 원심력이 작용한다.

물회리통에서 광액은 벽쪽에서는 아래로 향하는 라선흐름을 하고 중심부에서는 우로 올라가는 라선흐름을 한다.

처음의것을 바깥쪽 라선흐름이라고 하며 두번째것은 안쪽 라선흐름이라고 한다.(그림 5-29)

큰 원심력의 작용을 받아 벽쪽으로 가라앉게 되는 굵은 알갱이들은 바깥쪽 라선흐름에 의하여 아래로 내려가 모래배출구로 배출된다.

그리고 가운데부분에 놓이게 되는 보드라운 알갱이들은 안쪽 라선흐름에 의하여 일류배출구로 배출된다.

물회리통은 구조가 간단하고 만들기 쉬우며 크기가 작고 임의의 공간에 쉽게 설치할수 있기때문에 분급, 선별, 농축 등 여러가지 목적에 널리 쓰이고있다.

중요한 결함은 물회리통자체와 그에 광액을 공급해주는 뽐프의 마모가 심한것이다.

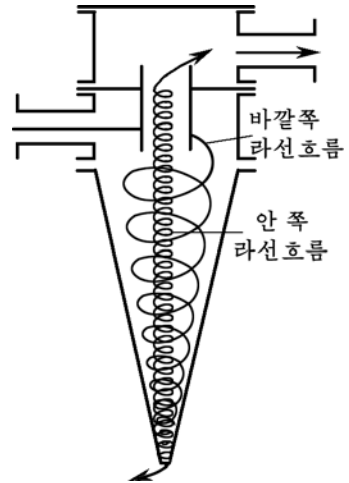



그림 5-29. 물회리통에서 광액의 흐름상태

제3절. 선별공정

1. 중력선광

석과 월프람을 포함하는 광석들은 주로 중력선광법으로 처리한다.

중력선광법은 선탄장들에서도 쓰인다.

중력선광법은 광석을 구성하고있는 광물들의 밀도의 차에 기초한 선광법이다.

중력선광법은 매질의 종류와 그의 운동특성에 따라 조태, 테블선별, 수채선광법, 중매질선광법 등으로 나눈다.

1) 조태

(1) 조태의 원리

조태는 수직방향에서 엇바꾸어 운동하는 매질의 흐름속에서 이루어지는 광물알갱이들의 락하속도차이에 의하여 광석을 선별하는 중력선광법이다.

그림 5-30에 조태의 원리를 보여주었다.

조태기의 조태칸은 상자모양으로 되여있으며 보통 철판을 용접하여 만든다.

조태칸의 웃부분안에는 쇠그물이 수평으로 놓여있으며 조태할 광석은 이 쇠그물우에 공급한다.

그리고 아래부분의 한쪽에는 격막이 있는데 이것은 편심전동축과 련결대로 이어져있다.

본체의 다른쪽에는 덧물공급관이 있으며 여기에는 덧물공급량을 조절하는 변이 달려있다.

편심축이 회전할 때 격막은 앞뒤로 왕복운동을 한다.

격막이 앞으로 나갈 때 조태칸안에 차있는 물은 앞으로 밀려나며 쇠그물우에는 올리흐르는 물이 작용하며 그리고 격막이 뒤로 들어올 때 조태칸에서는 내리흐르는 물이 작용한다.

그림 5-30. 조태의 원리
ㄱ-조태기의 작용략도, ㄴ-조태칸에서 광물들의 층형성; 1-조태기의 본체, 2-덧물공급관, 3-조절변, 4-쇠그물, 5-격막고정장치, 6-격막, 7-편심축, 8-련결대

올리흐르는 물이 작용할 때에는 광물알갱이들이 우로 흩어져올라가는데 이때 무거운 광물알갱이들보다 가벼운 광물알갱이들이 더 높이 올라가며 내리흐르는 물이 작용할 때에는 무거운 광물알갱이들이 가벼운 광물알갱이들보다 더 빠른 속도로 떨어져내린다. 이와 같은 과정이 여러번 반복되여 진행될 때 조태칸에 있는 각이한 밀도와 크기를 가지는 광물알갱이들은 그림 5-30의 ㄴ)와 같이 층을 이루면서 갈라진다.

이것들을 기계적으로 따로 걷어내여 정광과 미광을 얻는다.

잔광석(보통 5~6mm이하)을 조태할 때에는 쇠그물우에 미리 자리돌을 깔고 그우에 광석을 넣고 조태한다.

이때 자리돌층은 조태하려는 광석의 무거운 알갱이들만 밑으로 내려보내고 가벼운 알갱이들은 내려가지 못하게 하는 역할을 한다.

자리돌의 밀도는 무거운 알갱이의 밀도보다는 작고 가벼운 알갱이의 밀도보다는 커야 한다.

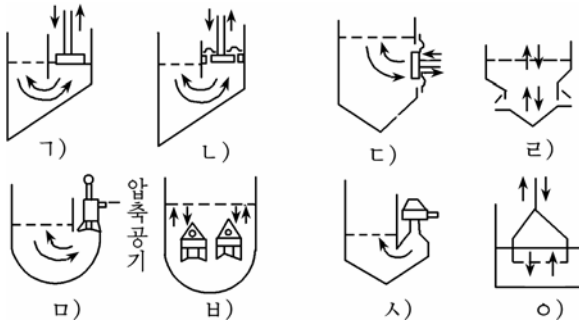
자리돌의 크기는 흔히 급광광석의 최대크기의 3배정도로 하며 자리돌층의 높이는 보통 일류턱높이의 절반정도되게 한다.

조태는 조태기로 한다.

(2) 조태기

조태기는 쇠그물을 설치하는 방법에 따라 크게 고정그물식과 가동그물식으로 나눈다.

조태기는 또한 물을 운동시키는 방법에 따라서 플란쟈식, 격막식(수평격막식, 수직격막식, 원추격막식 등), 압축공기식, 맥동수류식으로 나눈다.(그림 5-31)

그림 5-31. 조태기의 형식

ㄱ-플란쟈식, ㄴ-수평격막식, ㄷ-수직격막식, ㄹ-원추격막식,
ㅁ, ㅂ-압축공기식, ㅅ-맥동수류식, ㅇ-가동그물식

이러한 조태기들은 고정그물식에 속한다.

고정그물식조태기에서 쇠그물은 고정되여있고 플란쟈의 운동에 의하여 물의 올리흐름과 내리흐름이 생긴다.

그리고 가동그물식조태기에서는 반대로 물은 멎어있고 쇠그물이 아래우로 운동하면서 광석알갱이들을 들어올려 떨어지게 하므로 올리흐름만이 작용하게 된다.

플란쟈식조태기에서는 플란쟈의 왕복운동에 의하여 올리흐르는 물과 내리흐르는 물이 작용한다.

플란쟈와 조태칸의 벽사이에는 짬이 있으므로 이 짬으로 물이 새여나가는 결함이 있다.

그러므로 굵은 광석을 선별할 때 쓰인다.

격막식조태기는 우와 같은 결함은 없으나 격막의 왕복거리를 길게 하기 어렵다.

이 형식의 조태기는 잔광석을 선별하는데 쓰인다.

그림 5-32에는 수직격막식조태기를 주었다.

그림에서 보는바와 같이 편심기구에 의하여 편심축이 회전하면 격막이 앞뒤로 왕복운동을 한다.

격막이 앞으로 나갈 때에는 물이 앞으로 밀려나가면서 조태칸에서 올리흐르는 물이 작용한다.

이때에는 무거운 알갱이들보다 가벼운 알갱이들이 더 높이 올라간다.

반대로 격막이 뒤로 들어올 때에는 물이 뒤로 밀리면서 조태칸에서는 내리흐르는 물이 작용한다.

이때에는 무거운 알갱이들이 가벼운 알갱이들보다 더 빠른 속도로 떨어진다.

그림 5-32. 수직격막식조태기

1-편심기구, 2-조태기동체, 3-급광수채, 4-고정살창, 5-격막, 6-미광수채, 7-정광배출구, 8-덧물공급판, 9-조태칸, 10-사이벽

이와 같은 과정이 반복되면서 고정살창우에서는 각이한 밀도의 크기를 가진 광물알갱이들이 층을 이루면서 갈라지게 된다.

그리하여 무거운 알갱이들은 살창을 거쳐서 나간다.

이러한 원리로 수직격막식조태기에서는 정광과 미광을 갈라낸다.

2) 테블 및 수채선광법

(1) 선별테블

선별테블은 제형의 넓은 테블판, 판을 왕복운동시키는 요동기구, 물공급장치, 판을 지지하는 장치로 이루어져있다.

테블판우에는 많은 살대들이 고정되여있다.(그림 5-33)

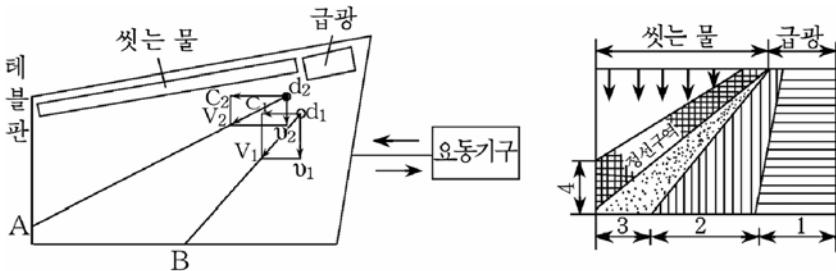



그림 5-33. 테블판에서 광물알갱이들이 갈라지는 상태

1-스라임, 2-미광, 3-중광, 4-정광

테블의 선광원리는 다음과 같다.

그림에서 보는바와 같이 요동기구에 의하여 비대칭왕복운동을 하는 테블판우에 물공급장치로 씻는 물을 테블판의 운동방향에 수직으로 흐르도록 하고 광액을 넣으면 테블판우에서 광물알갱이들은 판우를 흘러내리는 씻는 물의 작용에 의하여 요동운동방향에 수직인 가로방향으로 흘러내린다.

따라서 무거운 알갱이들과 가벼운 알갱이들의 운동자리길이 서로 다르기때문에 테블판의 배출단에서 정광과 미광으로 갈라지게 된다.

테블은 2~3mm이하의 잔광석에 대한 중력선별설비로 널리 쓰이고있다.

중요한 결함은 설치면적당 처리능력이 매우 작은것이다.

보통의 선별테블에서는 74㎛이하의 보드랍고 무거운 광물알갱이들을 잘 걷어들이지 못한다.

보드라운 스라임을 선별하기 위한 테블을 스라임용테블이라고 하며 굵은 모래를 선별하기 위한 테블을 모래테블이라고 한다.

(2) 수채

수채에서도 경사면을 흐르는 물에서 광물알갱이들의 운동속도차이에 의하여 선별이 진행된다.

수채에는 크게 0.1~1mm이하의 보드라운 광석을 처리하는 스라임용수채와 굵은 모래를 처리하는 모래용수채가 있다.

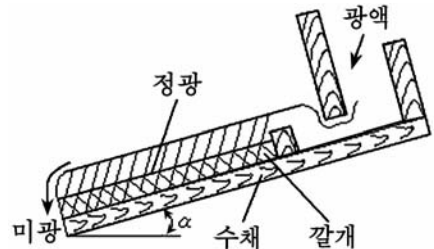
모래용선별수채는 주로 사광을 처리하는데 쓰인다.

그림 5-34에는 스라임용고정식수채를 보여주었다.

고정식수채는 너비가 1~2m, 길이가 4~6m 되는 보통의 수채인데 바닥에 모포와 같은 터슬터슬한 깔개를 깔아준다.

그림 5-34. 스라임용고정식수채

모포우를 흘러내리는 광액가운데서 보드랍고 무거운 광물알갱이들은 모포의 털사이의 짬에 가라앉고 가벼운 광물알갱이들은 그대로 씻겨내려가 수채끝에서 미광으로 배출된다.

모포에 가라앉은 무거운 광물을 걷어내기 위하여 모포를 걷어내여 씻어낸다.

이것이 정광으로 된다.

이 수채의 작업에서 중요한것은 깔개의 종류를 잘 선택하는것, 광액을 공급하다가 멈추고 정광을 걷어내는 정광씻어내기시간을 옳게 정하는 문제이다.

스라임용수채에서 깔개로는 모직모포, 아마천, 홈을 판 고무판 등이 쓰이나 모직모포를 많이 쓴다.

모래용수채에도 여러가지 형식이 있다.

간단한것은 보통의 나무수채(너비 1m, 길이 2m정도)인데 모래와 물을 공급하면서 호미와 비슷한 긁개로 련속적으로 저어주어 무거운 광물알갱이들은 바닥에 가라앉히고 가벼운 광물알갱이들은 흐르는 물로 씻어낸다.

이때 바닥에 가라앉은 무거운 알갱이들은 정광이다.

쐐기모양수채는 최근에 사광을 선별하는데 널리 쓰이고있다.

이 수채가 다른 수채와 차이나는 점은 수채가 쐐기모양으로 급광구로부터 배출구쪽으로 가면서 좁혀져있으며 광액은 넓은 급광부분에서 층흐름을 하면서 광물알갱이의 밀도차에 따라서 층으로 갈라진것 가운데서 무거운 산물을 잘 갈라낼수 있도록 한것이다.(그림 5-35)

이 쐐기모양수채에서 급광구의 너비는 125~200mm이고 배출구의 너비는 8~15mm이며 길이는 최소 750mm이다.

일반적으로 배출구의 너비에 대한 급광구의 너비의 비는 8~18배로 한다.

급광광액의 농도는 50~60%까지 높일수록 더 좋다.

배출구끝에는 가벼운 광물층과 가르기 위하여 분할칼을 설치하였다.

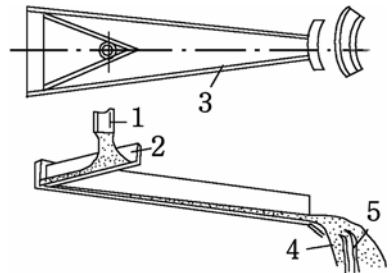



그림 5-35. 쐐기모양수채
1-급광판, 2-급광수채, 3-쐐기모양수채, 4-배출구조절장치, 5-분할칼

이 분할칼로 정광, 중광 및 미광을 갈라낸다.

이 수채는 구조가 간단하고 값이 눅으면서도 관리하기가 쉽고 물쓰는 량도 적은 반면에 처리능력이 크므로 많이 쓰인다.

3) 중매질선광

중매질선광법은 품위가 낮은 광석 및 석탄을 다량처리할수 있는 선광법의 하나이다.

중매질로는 그의 밀도가 맥석광물(혹은 순수한 석탄)의 밀도보다는 더 크고 유가광물(혹은 버럭)의 밀도보다는 더 작은 중액 또는 중현탁액을 쓴다.

중액으로는 염화아연용액, 염화칼시움, 브롬포름, 2요드화수은과 요드화칼리움의 혼합액 등을 쓴다.

그러나 이것들은 모두 값이 비싸고 일부 시약들은 유독하므로 생산현장에서는 쓰지 못하고 실험실적연구에서만 쓰이고있다.

현탁질로는 값눅고 손쉽게 구할수 있는 여러가지 광물, 암석, 합금, 폐설물 등을 쓴다.

광석을 선광하는 때에는 규소철, 방연광을 많이 쓰고 석탄을 선별할 때에는 주로 자철광을 많이 쓴다.

그러므로 중매질선광에서는 맥석(혹은 순탄)은 떠오르고 유가광물(혹은 버럭)은 가라앉는다.

주되는 맥석광물들인 석영, 방해석, 장석, 운모 등의 밀도는 2 600~3 100kg/m^{3}이고 유가광물들인 방연광, 섬아연광, 중석 등의 밀도는 대체로 4 000kg/m^{3}이상이다. 그러므로 광석덩어리의 밀도는 유가광물들의 함유률에 따라서 달라진다.

품위가 낮은 광석을 캘 때에는 광석가운데에 유가광물이 거의나 들어있지 않는 맥석덩어리들이 적지 않게 섞여나올수 있으며 또한 이런 광석을 일정한 크기까지 분쇄할 때에는 유가광물을 거의나 포함하지 않는 맥석덩어리들이 생겨날수 있다.

이런 맥석덩어리들을 밀도가 조금 더 큰 중매질에서 띄워 골라버린다면 분쇄할 원광량이 줄어들고 선광기술지표를 높일수 있다.

그러므로 중매질선광법은 품위가 낮은 광석을 예비선별하는데 효과적으로 쓸수 있다.

석탄에서도 마찬가지로 석탄덩어리의 밀도는 회분함유률에 비례한다. 순수한 석탄의 밀도는 유연탄에서 1 200~1 400kg/m^{3}이고 무연탄에서는 1 600~1 900kg/m^{3}이다.

갈탄에서 밀도가 1 800kg/m^{3}이상 되는 덩어리는 많은 경우에 회분이 70%이상 되므로 버럭으로 된다.

중매질선광법의 우점은 적은 밀도차를 가진 광석이나 석탄에 대하여 분리의 정확성이 높고 처리할수 있는 원광의 크기가 매우 크며 선별기의 처리능력이 매우 큰것이다.

이 선광법의 중요한 결함은 2~3mm이하의 광석 및 5~6mm이하의 석탄은 선별할수 없으며 중현탁액의 제조 및 재생공정이 있으므로 선광계통이 복잡한것이다.

중현탁액선별기에는 원추형, 원통형, 장방형, 통형 등 여러가지가 있다.

그림 5-36에 원추형중현탁액선별기의 략도를 보여주었다.

중현탁액은 원추 1에 속빈축 2를 거쳐 공급하며 그의 벽에 뚫려있는 구멍들을 거쳐서 원추안으로 퍼져나간다.

원추안에서의 현탁액은 0.1~0.2m/s의 속도로 우로 올라간다.

이때 현탁액의 안정성을 보장하기 위하여 회전날개 5로 천천히(4~10r/min) 저어준다.

원광은 미리 채질하고 물로 씻어 분광과 돌가루를 제거한 다음 수채 3을 따라서 원추에 공급된다.

떠오르는 가벼운 알무리는 현탁액과 함께 일류턱을 넘어간다.

가라앉는 알무리는 기포뽐프 4로 우로 운반하여 배출한다.

그림 5-36. 원추형중현탁액선별기
1-원추, 2-속빈축, 3-수채,
4-기포뽐프, 5-회전날개

기포뽐프에서 압축공기의 압력은 0.15~0.2MPa이다.

선별산물과 함께 나가는 현탁질은 회수하고 재생하여 다시 되돌려쓴다.

이 선별기로는 최대 80mm 크기의 광석을 처리할수 있다.

2. 부유선광

1) 부유선광의 원리

부유선광은 광물들의 물리화학적성질차이를 리용하여 유용광물과 맥석광물들을 갈라내는 선광법이다.

다시말하여 부유선광은 물속에서 해당한 광물알갱이들만을 공기방울에 붙여서 걷어내여 정광을 얻어낸다. 따라서 부유선광에서는 유용광물을 갈라내는 매질로 물을 쓰며 거품을 만드는데는 공기를 쓴다. 또한 광액속에서 필요한 유용광물이 잘 떠오르게 하고 가라앉게도 하기 위하여 시약을 쓴다.

(1) 광물의 적심성

부유선광에서 광물이 광액겉면에 떠오르는것은 결코 그 광물의 밀도가 매질의 밀도보다 작기때문인것이 아니라 광물들이 물속에 있는 공기방울에 붙기때문이다.

그러나 어떤 광물들은 물속에서 공기방울에 잘 붙고 따라서 잘 떠오르지만 어떤 광물들은 같은 조건에서 공기방울에 붙지 못하고 따라서 떠오르지 못한다.

물속에서 광물들이 공기방울에 잘 붙거나 붙지 못하는 이러한 선택적인 현상은 광물들이 물에 젖는 성질에서 차이가 있기때문이다.

광물겉면이 물에 젖는 성질은 그 겉면에 드러난 이온이나 원자 혹은 분자들과 매질인 물분자사이의 작용 즉 수화작용에 관계된다.

광물들은 분쇄될 때 이온결합이나 공유결합과 같은 센 결합이 깨지면 그 겉면에 있는 이온이나 원자는 둘레에 있는 물분자들을 세게 잡아당겨 두꺼운 수화층을 이루며 결국 물에 잘 젖게 된다. 그러나 비교적 약한 결합(례를 들면 분자결합)으로 이루어져있는 광물이 깨질 때 나타나는 겉면층의 분자들은 물분자들을 세게 끌어당기지 못한다.

따라서 물에 잘 젖지 않으므로 그 둘레에는 얇은 수화층이 생긴다.

물에 잘 젖지 않는 광물들은 물속에서 공기방울에 잘 붙지만 물에 잘 젖는 광물들은 공기방울에 잘 붙지 않는다.

물에 잘 젖는 광물을 친수성광물이라고 하며 물에 잘 젖지 않는 광물을 소수성광물이라고 한다.

일반적으로 광물의 적심성은 적심각에 의하여 평가할수 있다.(그림 5-37)

그림에서와 같이 적심변두리(3상경계선)의 한 점 A에는 세가지 겉면장력 즉 물과 공기와의 경계면에 작용하는 장력 T_{12}, 공기와 광물겉면과의 경계면에 작용하는 장력 T_{23}, 물과 광물겉면과의 경계면에 작용하는 장력 T_{13}이 작용한다.

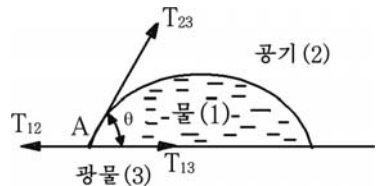



그림 5-37. 적심각의 형성

광물이 물에 잘 젖을수록 물방울은 더욱 얇게 퍼지며 적심각 θ는 작아진다.

이와 같이 각 θ는 곧 광물의 적심정도의 척도로 된다.

이 각을 적심각이라고 부른다.

적심변두리의 이동이 멎으면 세가지 장력들사이에는 다음과 같은 균형관계가 성립된다.

$$T_{23}=T_{13}+T_{12}cos\theta$$

따라서 이때 적심각 θ는 다음과 같이 표시된다.

$$\cos\theta=\frac{T_{23}-T_{13}}{T_{12}}$$

친수성광물일 때 $\theta<90°$이며 $cos\theta>0$이고 소수성광물일 때 $\theta>90°$이며 $cos\theta<0$이다.

광물들의 적심성은 부유선광시약들에 의하여 임의로 변화시킬수 있다.

(2) 공기방울에 대한 광물알갱이의 부착

부유선광과정에 광액속에서는 운동하고있는 공기방울과 광물알갱이들과의 부착과정 즉 광화과정이 진행된다.

부착과정은 공기방울과 광물알갱이겉면에 있는 수화층이 파괴되여 이루어지는데 광물겉면이 소수성이면 그 겉면과 공기방울사이의 수화층이 든든하지 못하여 쉽게 파괴되여 부착이 쉽게 진행된다.

그러나 친수성광물의 겉면에는 두껍고 든든한 수화층이 생기여 파괴되기가 어렵기때문에 공기방울에 대한 부착도 어려워진다.

공기방울에 대한 광물알갱이의 부착과정은 요소적인 단계들인 충돌, 고착, 운반, 유지단계로 나누어볼수 있다.

공기방울에 대한 광물알갱이의 고착시간과 세기, 운반 및 유지시간등을 조절하기 위하여 부선시약을 쓴다.

2) 부유선광시약

부유선광에서 쓰는 시약에는 포집제, 기포제, 조절제가 있다.

(1) 포집제

이 시약은 띄우려는 광물의 겉면을 선택적으로 소수성화시켜 물에 잘 젖지 않게 하고 공기방울에는 잘 붙게 하는 겉면활성유기물질로서 극성부분과 무극성부분으로 이루어져있다.

극성부분은 친수성을 가지며 광물겉면과 작용한다.

탄화수소사슬인 무극성부분은 소수성을 가지며 공기방울과 작용한다.

포집제는 물에서 이온으로 해리되는가 해리되지 않는가에 따라 이

온성과 비이온성포집제로 나눈다.

비이온성포집제에는 물에 풀리지 않는 탄화수소액체들이 속한다.

이온성포집제는 광물겉면을 소수성화하는 이온이 음이온인가, 양이온인가에 따라 음이온성포집제와 양이온성포집제로 나눈다.

양이온성포집제에는 주로 아민류의 시약들이 속한다.

음이온성포집제는 2가의 류황에 기초하여 만들어지는 류수소형포집제와 카르본산에 기초하여 만들어지는 산수소형포집제로 나눈다.

류수소형포집제에는 크산토겐산염과 디티오린산염, 메르갑탄의 시약들이 속하며 산수소형포집제에는 카르본산과 그의 염들, 알킬류산 및 술폰산과 그의 염들이 속한다.

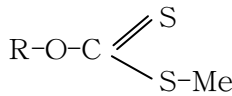
① 음이온성포집제

ㄱ) 류수소형포집제

류수소형포집제에는 대표적으로 크산토겐산염과 디티오린산염이 있다.

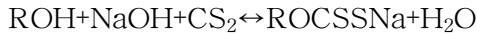
크산토겐산염(ROCSSMe)

이 시약은 잔세이트라고 하는데 다음과 같은 구조식을 가진다.

$$R-O-C\begin{matrix} \nearrow\!\!\!\!\nearrow S \\ \searrow S-Me \end{matrix}$$

R-포화탄화수소기(알킬기)

Me-알카리금속(Na 혹은 K)

크산토겐산염은 알카리성매질에서 2류화탄소와 알콜을 작용시켜 만든다.

$$ROH+NaOH+CS_2 \leftrightarrow ROCSSNa+H_2O$$

알콜과 알카리금속의 종류에 따라 각이한 이름을 붙일수 있다.

례를 들면 $C_2H_5OCSSNa$는 에틸크산토겐산나트리움, $C_4H_9OCSSNa$는 부틸크산토겐산나트리움이라고 부른다.

이 시약은 산성매질에서는 분해 및 산화가 매우 빨리 진행되기때문에 알카리성매질에서 쓰는것이 좋으며 서늘한 곳에 보관해야 한다.

크산토겐산염들은 주로 유색금속 및 귀금속류화광석부선에서 방연광, 섬아연광, 황동광, 황철광 등 류화광물들을 잘 부유시킨다.

크산토겐산염들은 광석 t당 0.01~0.2kg정도로 쓰며 2~10%수용액으로 만들어 광액에 넣는다.

디티오린산염〔$(RO)_2PSSMe$〕

이 시약은 에로플로트라고 하는데 디티오린산의 산성에테르이다.

디티오린산염은 알콜(또는 페놀)을 알카리성매질에서 5류화린과 작용시켜 만든다.

$$4ROH+Na_2CO_3+P_2S_5 \leftrightarrow 2[(RO)_2PSSNa]+H_2S+CO_2+H_2O$$

알콜 또는 페놀의 종류와 알카리금속의 종류에 따라 각이하게 이름을 붙일수 있다.

레를 들면 $(C_4H_9O)_2PSSNa$는 디부틸디티오린산나트리움(알콜에로플로트), $(CH_3C_6H_4O)_2PSSK$는 디크레질디티오린산칼리움(페놀에로플로트)라고 부른다.

디티오린산염은 포집성도 있고 기포성도 가지고있으므로 기포제로도 쓰이고있다.

ㄴ) 산수소형포집제

카르본산과 그 비누(RCOOH, RCOOMe)

이 포집제는 카르복실기인 -COOH를 함유하고있는 시약이다.

즉 기름산과 그의 염이다.

기름산은 거의 모든 식물이나 동물의 기름에서 얻는다.

이 종류의 포집제에서 가장 중요한것은 올레인산($C_{17}H_{33}COOH$)과 그의 비누($C_{17}H_{33}COONa$)이다.

올레인산과 그의 비누를 비롯한 이 시약들의 결함은 선택성이 낮고 물에 잘 풀리지 않는것이다.

물에 잘 풀리게 하며 분산도를 높여주기 위하여 광액의 온도를 높이거나 초음파처리를 하며 또는 다른 걸면활성제를 섞어쓰기도 한다.

이 시약들은 비류화광물들 즉 린회석, 형석, 중정석, 회중석, 마그네사이트 등을 비롯한 광물들을 부유시키는데 쓴다.

이 시약은 포집성과 함께 기포성도 가지고있다.

이 시약은 원광 t당 0.03~0.3㎏정도로 쓴다.

알킬류산 및 알킬술폰산과 그의 염〔$ROSO_3H(Me)$, $RSO_3H(Me)$〕

이 시약들은 중금속의 산화광물들과 알카리토류금속광물들에 대한 센 포집제로서 그의 선택성은 산성매질에서도 유지되는 량성포집제이며 물의 세기에 예민하지 않다.

또한 물에 잘 풀리며 이온들로 해리된다.

이 시약들은 포집작용은 약하나 선택성이 있고 거품을 일구는 작용

도 잘한다.

② 양이온성포집제(RNH_3X)

이 포집제는 아민류(암모니아 혹은 암모니움의 유도체)의 시약이다.

아민에 할로겐원소들과 작용시켜 포집제로 쓴다.

이 시약은 아민의 함유률이 높을수록 포집활성이 높아진다.

양이온성포집제는 포집작용이 약하고 스라임의 영향을 세게 받지만 규산염광물들인 석영, 장석, 운모류들을 부유시키는데 주로 쓰이며 리티움, 베릴리움광석의 선광과 이온 및 분자부선에서 쓰인다.

③ 무극성포집제

이 시약은 이온으로 해리되지 않으며 물에 잘 풀리지 않는 탄화수소화합물이다. 무극성포집제들은 원유, 석탄 또는 나무의 가공산물들로부터 얻는다.

례를 들면 석유, 변압기유, 부선유, 석탄타르, 크레오소트유 등이다.

무극성포집제는 천연적인 소수성광물인 류몰리브덴광, 흑연, 석탄 등을 부유시키는데 쓰이며 이밖에도 기름산염이나 크산토겐산염을 포집제로 쓰는 광석부선에서 보충적인 포집제로도 쓰인다.

(2) 조절제

부유선광에서 조절제는 광물들에 대한 포집제의 작용을 조절하여주는 작용을 한다.

조절제는 그 기능에 따라 억제제, 활성제, 매질조절제로 나눈다.

① 억제제

억제제는 대상 광물에 포집제가 흡착되지 못하게 하며 광물겉면의 수화작용을 높여주는 시약이다.

현재 널리 쓰이는것은 시안화물, 류산아연, 물유리 등이다.

시안화물($NaCN$)

이 시약은 CN을 함유하고있는 시약이다.

이 시약은 섬아연광, 황철광, 동광물들, 은의 광물들 그리고 수은, 카드미움 및 니켈광물들의 부유성을 억제하기 위하여 쓰인다.

시안화물이 광물들의 부유성을 억제하는것은 그것이 금속과 작용하여 물에 풀기 어려운 착염, 착이온을 만들기때문이다.

이와 함께 시안화물은 광물겉면에 생긴 크산토겐산염을 없애고 동시에 크산토겐산염의 흡착을 막는 착시안화물들을 광물겉면에 만들기때문이다.

시안화물은 센 독성을 가지고있기때문에 특별히 조심히 다루어야

하며 광석에 들어있는 금을 풀리게 하는 결함도 있다.

그러므로 다른 시약으로 바꾸어쓸수 없는 불가피한 경우에만 그것을 쓰고있다.

류산아연($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)

이 시약은 단독적으로 혹은 시안화물과 함께 섬아연광의 부유성을 억제하기 위하여 쓰인다.

류산아연은 중성 또는 알카리성매질에서 $Zn(OH)_2$의 침전물을 만드는데 이 침전물이 섬아연광결면에 붙어서 억제작용을 한다.

류산아연은 연-아연 혹은 동-연-아연광석이나 종합정광을 가를 때도 쓰인다.

이 시약을 시안화물과 함께 쓰면 류산아연은 광물결면과 광액속에 $Zn(CN)_2$, $Zn(CN)_4^{2-}$을 만든다.

그리하여 섬아연광이 억제되고 이러한 산물들은 광액속에 CN^-의 농도가 적어짐에 따라 그것을 보충해주는 작용도 한다.

류화나트리움($Na_2S \cdot 9H_2O$)

이 시약은 류화광석이나 비류화광석을 부유선광할 때 류화제, 억제제로 비교적 널리 쓰이고있다.

이 시약에 의하여 광액속에는 pH에 따라 H_2S, HS^-, S^{2-}이온들이 각이한 농도로 포함되여 광물들에 이러저러하게 작용한다.

류화나트리움의 억제작용은 광물에 대한 포집제의 흡착을 막고 이미 광물에 흡착된 포집제의 막을 벗겨주며 광액속에 있는 산소를 흡수함으로써 류화광물결면의 산화를 막아주어 포집제가 흡착되지 못하게 한다.

물유리(Na_2SiO_3)

물유리용액의 이온조성은 그 용액의 pH에 따른다.

$pH<8$에서는 기본적으로 해리되지 않은 H_2SiO_3으로 존재하며 pH=9~12사이에서는 $HSiO_3^-$이 우세하며 pH=13일 때에는 SiO_3^{2-}이온들이 많이 포함된다.

물유리는 콜로이드상태의 그 분자나 해리산물들이 광물결면과 작용하여 포집제의 흡착을 막아준다.

또한 석영을 비롯한 규산염광물들과 방해석을 억제하는데 쓰이며 콜로이드분산제로도 쓰인다.

② 활성제

활성제는 포집제가 잘 작용할수 있게 도와주는 시약으로서 여기에

는 류산동, 류화나트리움, 철의 염류 등이 있다.

류산동($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)

이 시약은 가장 널리 쓰이는 활성제이다.

류산동은 억제되였던 섬아연광의 부유성을 활성화한다. 또한 기름산을 포집제로 쓰는 부유선광에서 맥석광물들의 부유성도 활성화하며 부유성이 좋지 못한 황철광이나 류철니켈광도 활성화한다.

섬아연광에 대한 류산동의 활성화작용은 Cu^{2+}에 의하여 섬아연광 겉면에 있는 아연이 자리를 바꾸기때문이며 이러한 활성화작용은 매우 예민하다.

아연과 동이 자리를 바꾸는것은 그것들의 이온반경이 비슷하고 류황과의 친화력이 아연에 비하여 동이 크기때문이다.

③ 매질의 pH조절제

매질조절제는 매질의 산성 또는 알카리성 및 다른 염이온들의 농도를 조절하는 시약으로서 여기에는 석회, 수산화나트리움, 탄산나트리움 등이 있다.

석회(CaO)

이 시약은 흔하고 값이 눅으며 가장 널리 쓰이는 pH조절제이다.

이 시약은 알카리성매질을 조성시키기 위해서와 특히 황철광의 부유성을 억제하기 위하여 쓰인다.

석회는 물에 잘 풀리지 않기때문에 소석회〔$Ca(OH)_2$〕로 만든것을 광액에 둔다.

탄산나트리움($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$)**과 수산화나트리움**(NaOH)

이 시약은 광액의 pH조절제, 광액속에 있는 불가피한 이온들을 제거하는데 주로 쓰인다.

광액의 pH를 알카리성으로 보장하며 칼시움, 철이온들을 풀리기 어려운 탄산염이나 수산화물형태로 가라앉힌다.

(3) 기포제

기포제는 적당한 크기를 가진 거품들이 안전하게 생기게 하는 시약이다.

이 시약은 액체-기체의 상경계 즉 물에 있는 공기방울들의 겉면에 주로 흡착하여 그것을 잘게 흩어진 상태에 있게 하여주며 공기방울의 안전성을 높여준다.

기포제는 이극성결면활성물질로서 액체-기체의 상경계면에서 유극성부분은 물쪽으로, 무극성부분은 공기쪽으로 향하게 하여 흡착시킨다. 기포제의 종류에는 솔기름, 페놀류, 알콜류기포제가 있다.

솔기름

이 시약은 소나무의 뿌리나 가지를 건류 또는 추출하여 얻은 타르에서 얻어낸다.

테르펜족의 알콜류가 거품을 일쿠는 작용을 하는데 그것들은 50% 이하의 함유률로 들어있다.

이 시약의 결함은 조성이 일정하지 못한것이다.

페놀류기포제

이 시약은 지난 시기에 많이 쓰이였으나 독성이 있고 선택성이 높지 못하여 지금은 많이 쓰이지 않는다.

크레졸($CH_3C_6H_4OH$) 혹은 크레질산($(CH_3)_2C_6H_3OH$)

석탄건류산물에서 얻는데 방연광 혹은 황동광을 띄울 때 기포제로 쓸수 있다.

알콜류기포제

이 시약은 일반식 ROH로 표시되는 지방족알콜이다.

여기에는 헥사놀과 옥타놀 등이 속한다.

3) 부유선광기계

부유선광은 부유선광기계(부선기)로 한다.

일정한 굵기까지 분쇄하고 부유선광시약들로 처리한 광액은 부선기에 들어간다.

부선기에서 광물알갱이들은 공기방울들과 맞부딪친다.

이때 소수성알갱이들은 공기방울에 붙어서 광액결면에 떠올라 거품산물로 되며 친수성맥석알갱이들은 떠오르지 못하고 부선칸에 남아있다가 미광배출구를 거쳐 나간다.

부유선광장들에서 쓰이고있는 부선기들은 광액의 공기혼합방법에 따라서 기계식, 공기기계식 그리고 공기식부선기로 나눈다.

(1) 기계식부선기

기계식부선기에서 공기는 회전날개에 의하여 조성되는 부압에 의하여 속빈관을 거쳐 광액에 빨리워들어간다.

광액의 전체 체적에 공기가 퍼지게 하고 또 광액에 있는 광물알갱

이들이 가라앉지 않게 저어주는것도 공기를 빨아들이는 회전날개에 의하여 보장된다.

기계식부선기에서 현재 제일 많이 쓰이고있는 부선기는 고정자-회전날개식부선기이다.

이 부선기는 2~3개의 부선구를 한개의 부선기로 묶어서 쓴다.

그림 5-38에는 고정자-회전날개식부선기를 보여주었다.

이 부선기에서 매 칸안에는 회전날개가 붙어있는 축이 있으며 그 축은 속빈관안에 설치되여있다.

속빈관에는 공기를 빨아들이는 관이 붙어있다.

속빈관의 아래부분에는 직경이 큰 중심통이 있는데 이 중심통에 직경이 큰 고정자가 붙어있다.

고정자는 구멍뚫린 원판으로 되여있는데 그 둘레에는 원판의 반경방향에 대하여 45~60°의 각도로 설치된 안내날개들이 붙어있다.

그림 5-38. 고정자-회전날개식부선기

1-전동기, 2-피대바퀴, 3-속빈관, 4-공기관, 5-고정자, 6-회전날개, 7-회전날개축, 8-거품긁개, 9-수채, 10-광액관, 11-부선칸

광액속에 섞인 공기는 회전날개와 안내날개를 통과하는 과정에 부선실에서 작은 공기방울을 많이 만든다.

이때 작은 공기방울들이 안정하게 만들어지도록 하기 위하여 거품제를 넣는다.

이렇게 생긴 공기방울들은 우로 떠올라가면서 광액속에서 포집제에 의하여 소수성화된 유용광물들을 붙여 광액겉면으로 떠올라오게 한다.

이것들은 거품층을 이루는데 이것을 거품긁개로 긁어낸다.

공기방울에 붙지 못한 맥석광물들은 부선칸안에 남아있다가 다른 부선구로 혹은 밖으로 나간다.

이 부선기는 구조와 운전이 간단하고 특히 보수하기 쉬운 우점이 있다.

그러나 회전날개의 날개턱과 고정자사이의 틈이 8~10mm이상으로 커지기만 하면 광액의 공기혼화작용이 심히 나빠지고 빨아들이는 공기량도 현저히 줄어들며 그에 따라 부선기의 처리능력이 몹시 떨어지는 결함이 있다.

1min동안에 부선칸의 용적 1m^{3}당 빨아들이는 공기량은 약 1m^{3}이며 광액처리량은 부선칸체적의 1.2~2배이다.

(2) 공기-기계식부선기

이 부선기의 구조와 작용원리는 기계식부선기와 별로 차이가 없다.

다만 고정원판에 광액순환구멍이 없고 그대신 웃부분에 열린 광액순환통이 붙어있으며 공기를 자체로 빨아들이지 않고 강제로 불어넣게 되여있는것이 다를뿐이다.

그림 5-39에 공기-기계식부선기의 한 형태를 보여주었다.

이 부선기는 부선통, 공기혼화기, 속빈축, 차단판, 공기관, 피대바퀴, 거품긁개 등으로 되여있다.

이 부선기에서 공기혼화기의 구조는 매우 다종다양한데 일반적으로 원판둘레에 둥근 막대나 각진 막대를 일정한 간격을 두고 고정시킨 구조로 되여있다.

이 부선기는 부선칸에서 공기를 광액에 고르게 섞어주면서 광물알갱이들이 가라앉지 않게 하는 역할을 한다.

그림 5-39. 공기-기계식부선기
1-부선통, 2-공기혼화기, 3-속빈축, 4-차단판, 5-공기관, 6-구멍, 7-피대바퀴, 8-거품긁개

공기-기계식부선기의 우점은 공기를 잘게 분산시키고 공기혼화도를 쉽게 조절할수 있으며 부선기의 체적을 크게 하여 처리능력을 높일수 있는것이다.

광액에 공급하는 공기 1m^{3}당 동력소비량은 기계식부선기에서보다 현저히 낮다.

공기-기계식부선기의 광액처리능력은 한칸의 체적의 2~3배에 해당한다.

(3) 공기식부선기

공기식부선기에서 광액의 공기혼화는 압축기로부터 보내는 압축공기에 의하여 보장된다.

공기식부선기는 대부분 구조가 간단하고 움직이는 부분품이 없는것이 특징이다.

그림 5-40에 탑형공기식부선기를 보여주었다.

탑형공기식부선기에서는 공기방울과 광물알갱이들이 서로 마주치는 방향에서 운동하면서 부선이 진행된다.

이 부선기는 직경이 400~600mm, 높이가 6 000~10 000mm인 키높은 원통 3으로 되여있다.

원통의 웃부분에는 물공급관 2와 거품산물배출관 1이 있다.

원광액은 원통의 가운데부분에 련결된 도관 4를 거쳐 공급된다.

원통의 아래부분에는 여러가지 모양의 공기분사구 5가 있고 그밑에는 미광배출관 6이 련결된 깔때기부분이 있다.

공기는 압축기 7에서 공급된다.

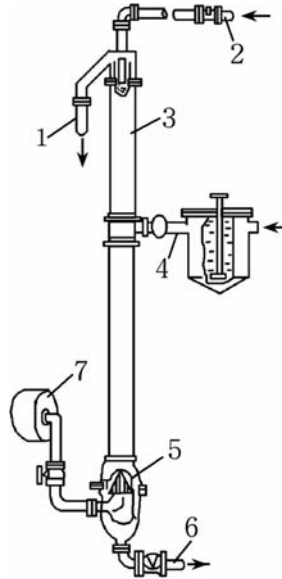



그림 5-40. 탑형공기식부선기
1-거품산물배출관, 2-물공급관, 3-원통, 4-도관, 5-공기분사구, 6-미광배출관, 7-압축기

상식자료

빨래통에서 찾아낸 부유선광법의 원리

19세기말 어느날 에바손이라는 부인이 분석실에서 일하는 오빠에게 광석시료를 보내기 위해서 주머니를 찾고있었다.

그런데 주머니가 모두 기름이 묻어서 어지러워 빨지 않으면 안되였다. 그는 시료주머니를 빨래통에 넣었다. 얼마후 빨래통을 들여다본 그는 깜짝 놀랐다. 글쎄 보드라운 광석립자들이 물에 떠올라 번쩍번쩍 빛을 뿌리고있었던것이다. 반면에 빨래통아래에는 굵은 광석립자들이 깔려있었다.

물우에 떠오른 광석립자들을 세밀히 관찰한 결과 그는 광석립자에 기름막이 씌워져있는것을 알아낼수 있었다.

오늘날에도 광산들에서 선광하는데 많이 쓰이고있는 부유선광법은 이렇게 발견되였다.

3. 자력선광

1) 자력선광의 원리

자력선광은 광석을 이루는 광물들의 자기적성질의 차이를 리용하는데 기초한 선광법이다.

재료가 자력선별기의 자기마당을 지날 때에는 자력의 작용을 받는다. 이때 그 재료에 들어있는 개별적알갱이들은 그것들이 받는 자력의 작용에 따라 서로 다른 자리길을 그리면서 이동된다.

그리하여 자기마당의 영향을 세게 받는 자성알갱이들을 자기마당의 영향을 적게 받거나 거의 받지 않는 비자성알갱이들과 가를수 있다.

자력선별기의 작업공간인 자기마당을 지날 때 재료의 개별적알갱이들에는 자력과 함께 기계적인 힘들 즉 중력, 원심력, 매질의 저항력 등도 작용한다.

자력선별기의 자기마당에서 자성알갱이와 비자성알갱이가 서로 갈라지기 위한 기본조건은 자성알갱이에 작용하는 자력 $f_{자}$가 모든 기계적힘들의 합 $\Sigma f_{기}$보다 커야 하는 동시에 비자성알갱이에 작용하는 자력 $f_{자}'$는 그 알갱이에 작용하는 모든 기계적힘들의 합 $\Sigma f_{기}'$보다 작아야 한다.(그림 5-41) 즉 다음과 같은 관계가 이루어져야 한다.

$$f_{자} > \Sigma f_{기}$$

$$f_{자}' < \Sigma f_{기}'$$

그림 5-41. 자력선광의 기본원리

(1) 자기마당과 그 세기

자기마당은 전류가 흐르는 도선둘레와 영구자석둘레에 생긴다.

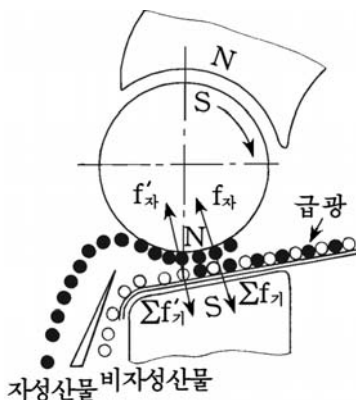
자기마당의 어떤 점에서의 그의 세기 H는 도선에 흐르는 전류의 세기 i에 따르며 다음 식에 의하여 결정된다.

$$H = K\int_{\ell} \frac{i\sin\beta}{\mathrm{r}^2} d\ell$$

$$K = \frac{1}{4\pi} \quad \text{-결수}$$

dl-도선의 미소길이, m

r-도선의 미소길이로부터 고찰하는 점까지의 거리, m

β-자기마당의 방향과 r사이의 각, °

(2) **자기마당안에 있는 알갱이에 작용하는 자력**

자기마당에는 마당의 세기와 방향이 위치에 따라 차이가 없는 고르로운 자기마당(그림 5-42, ㄱ)과 고르롭지 않은 자기마당(그림의 ㄴ)이 있다.

그림 5-42. 자기마당

고르로운 자기마당인 경우에는 자기마당안에 있는 자성알갱이들이 그것을 자력선에 평행되게 놓이게 하는 회전모멘트의 작용만을 받게 된다.

그러나 고르롭지 않은 자기마당일 때에는 회전모멘트와 함께 자기마당이 세지는쪽으로 당기우는 힘의 작용도 받는다.

바로 이 당김힘이 자력선별에서 자성알갱이들을 비자성알갱이들과 가를수 있게 하는 힘으로 된다.

(3) **광물들의 자기적성질**

일반적으로 광물들은 자기적성질에 따라 강자성광물, 약자성광물 및 비자성광물로 나눈다.

강자성광물이란 약한 자석에도 붙을수 있는 광물을 말하는데 자기마당의 세기가 H=80~120kA/m인 자력선별기에서도 잡힌다.

이러한 광물로 자철광, 자류철광 등을 들수 있다.

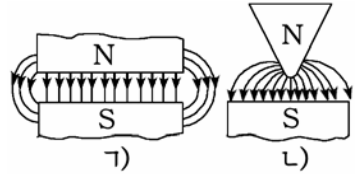
약자성광물이란 비교적 센 자석에 붙을수 있는 광물을 말하는데 자기마당의 세기가 H=800~1 600kA/m인 센 자기마당을 가지는 자력선별기에서 잡힌다. 이러한 광물로 티탄철광, 철망간중석, 석류석, 흑운모 등을 들수 있다.

비자성광물이란 자석에 거의 붙지 않는 광물을 말하는데 이러한 광물로 린회석, 방해석, 석영, 장석 등을 들수 있다.

2) 자력선별기

자력선광은 자력선별기로 한다.

자력선별기는 자기마당의 세기에 따라서 강자성광석용자력선별기와 약자성광석용자력선별기로 구분한다.

자력선별기들에서는 자기마당을 만드는데 영구자석이나 전자석을 쓴다. 영구자석은 그리 세지 않은 자기마당을 만들기 위하여 쓰며 전자석은 센 자기마당을 만들기 위하여 쓴다.

전자석은 철심에 감은 도선에 전류가 흐를 때 그 철심이 자성을 띠게 되는 현상에 기초하고있다.

센 자성광물을 잡아낼 때에는 자력선이 N극에서 나와 활모양으로 S극으로 들어가는 열린 여러 자석계통을 쓴다.(그림 5-43의 ㄱ)

그러나 약한 자성광물을 잡아낼 때에는 센 자기마당을 만들기 위하여 닫긴 자석계통을 쓴다.(그림 5-43의 ㄴ)

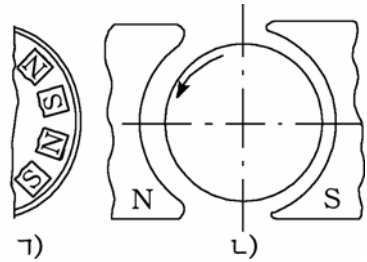



그림 5-43. 자석체계의 략도

(1) **강자성광석용자력선별기**

강자성광석용자력선별기에서 흔히 쓰는것은 원통형자력선별기인데 매질로 물을 쓰는가 안 쓰는가에 따라 건식용과 습식용으로 구분한다.

① 강자성광석용원통형건식자력선별기

이 자력선별기는 50~70mm의 크기를 가지는 자성광석을 선별할 때 쓰인다.

원통형건식자력선별기는 진동급광기, 급광깔때기, 원통, 전자석체계, 권선, 덮개 등으로 되여있다.(그림 5-44)

파쇄된 원광을 급광깔때기를 거쳐 전기식진동급광기에 의하여 비자성재료로 만든 원통우에 고르롭게 급광한다.

권선과 부채모양의 자극들은 강철로 되여있는 계철에 끼워 원통안의 한자리에 고정되여있다.

자성광석덩어리들은 전자석체계가 시작되는 위치에서 원통겉면에 붙어 그와 함께 돌아가다가 자석계통이 끝나는 위치에서 밑으로 떨어진다. 그러나 비자성덩어리들은 원통에 붙지 않고 직접 미광통에 떨어진다.

그림 5-44. 원통형건식자력선별기
1-전기식진동급광기, 2-급광깔때기, 3-원통, 4-전자석체계, 5-전자석체계의 대, 6-권선, 7-덮개

원통겉면에서의 자기마당의 세기는 110~120kA/m이다.

최근에는 영구자석식원통형건식자력선별기를 널리 쓰고있는데 구조와 작용원리는 우의 자력선별기와 같고 자석체계가 다른것이다.

② 강자성광석용습식자력선별기

오늘 자철광석과 같은 강자성광석을 습식으로 선별하는데 주조한 자석이나 가루자석과 같은 영구자석을 쓴 원통형습식자력선별기들이 널리 쓰이고있다.(그림 5-45)

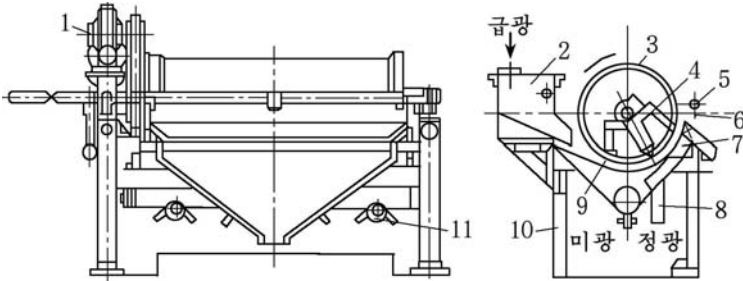



그림 5-45. 원통형습식자력선별기

1-전동장치, 2-급광통, 3-원통, 4-자석계통의 틀, 5-물분사관, 6-자석계통, 7-정광배출수채, 8-통, 9-광석안내판, 10-기계틀, 11-정광배출수채

분쇄된 광석은 광액상태로 급광통을 거쳐 선별통안에 공급된다.

선별통우에는 돌아가는 원통이 있고 그 원통안에는 4개의 주조한 자극들로 되여있는 자석체계가 고정되여있다.

자성알갱이들은 원통에 끌리워 자석체계의 끝까지 움직여간 다음 세척장치에 씻기워 정광배출수채로 나온다.

비자성알갱이들은 선별통의 미광배출구를 통하여 배출된다.

선별통안에서 광액의 수준은 일정하게 유지된다.

보드라운 맥석알갱이들은 선별통의 일류턱을 넘어간다.

원통과 선별통의 수채겉면에는 고무안붙임을 씌워 마모되지 않게 한다.

원통과 급광수채사이의 거리는 처리하는 광석의 굵기에 따르는데 0.15mm의 광석에 대해서는 20~25mm, 6mm의 광석에 대해서는 30~35mm이다.

(2) 약자성광석용자력선별기

① 약자성광석용건식자력선별기

희유금속광물의 종합정광을 다시 선별하거나 석영모래를 비롯한 다른 재료의 철분을 제거하기 위하여 웃급광식2렬로라형자력선별기들이 쓰이고있다.(그림 5-46)

매개 렬들에 3개의 로라가 설치되여있는데 웃로라에서는 센 자성알갱이들을 잡아내고 가운데로라와 아래로라에서는 약한 자성알갱이들을 골라낸다.

처리할 원재료를 원통형급광기들에 의하여 매개 렬의 웃로라웃면에 공급한다.

웃로라에서 나온 비자성산물이 가운데로라의 웃면에 공급되고 가운데로라에서 나온 비자성산물이 다시 아래로라에 공급된다.

로라의 직경이 100mm이고 그 길이가 800mm일 때 2mm이하의 굵기를 가지는 재료를 약 2t/h 처리할 수 있다.

그림 5-46. 웃급광식2렬로라형자력선별기
1-전자석체계, 2-권선, 3-로라, 4-원통형급광기, 5,6-선별산물통, 7-전동장치

② 약자성광석용습식자력선별기

주로 로라형선별기들이 쓰이고있다.

두줄로 네개의 로라가 있는 자력선별기는 5~6mm이하의 굵기를 가지는 망간광석이나 다른 약한 자성광석을 습식으로 선별하는데 쓰일수 있다.(그림 5-47)

20~30%의 고체농도를 가지는 원광을 우에 놓인 로라들의 작업구간에 고르롭게 나누어 먹인다.

전자석체계에 의하여 만들어지는 센 자기마당으로 하여 자성알갱이들은 돌아가는 로라의 겉면에 끌리워 붙어돌아가다가 자성산물통에 떨어진다.

비자성알갱이들은 중력의 작용으로 아래로라의 작업공간에 들어간다. 이 선별기에서는 1차와 2차정광 그리고 미광의 세가지 산물을 낸다.

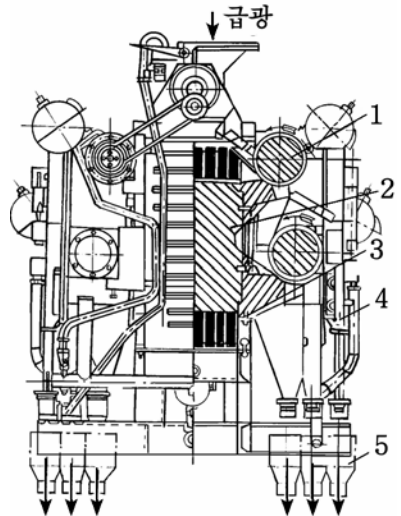



그림 5-47. 4렬로라형자력선별기
1-로라, 2-자극, 3-권선, 4-자성산물유도관, 5-저장통

4. 전기선광

전기선광은 광석을 이루고있는 성분광물들의 전기적성질의 차이를 리용하는데 기초한 선광법으로서 주로 희유금속광물들과 무극성광물, 비금속광물들을 선별하는데 널리 쓰이고있다.

1) 전기선광의 원리

전기선광은 전기선별기로 한다. 전기선별기의 작업공간은 전기마당이다.

전기마당안에서 각이한 전기적성질을 가지고있는 광물알갱이들은 그 마당의 영향을 서로 다르게 받아 각이한 자리길을 따라 운동하게 된다.

그리하여 개별적인 산물들로 갈라지게 된다.

전기마당에서 광물알갱이들의 움직임특성을 결정하는 가장 중요한 전기적성질은 알갱이들의 전기전도도와 유전률이다.

전기전도도 Q는 전기저항의 거꿀수이며 옴의 법칙에 따라 다음과 같이 결정된다.

$$Q=\frac{i}{u}=\sigma\frac{S}{\ell}$$

Q-전기전도도, Ω^{-1}

i-전류의 세기, A

u-전위차, V

S-도체의 자름면적, m^2

l-도선의 길이, m

σ-비전기전도도, s/m

모든 광물들은 비전기전도도의 크기에 따라 도체, 반도체, 부도체로 나눈다.

비전기전도도는 도체인 경우에 10^4~10^{-1}s/m, 반도체인 경우에 10^{-2}~10^{-10}s/m, 부도체인 경우에 10^{-11}s/m이하이다.

매개 광물들은 다른 결정질물체와 마찬가지로 전기적성질로 볼 때 우의 어느 한 부류에 속한다. 즉 자연금속광물들과 흑연 등은 도체, 거의 모든 류화광물들은 좋은 반도체이고 철망간중석과 석석은 중간정도의 반도체이며 규산염광물들과 탄산염광물들은 부도체에 속한다.

전기선광의 물리적본질은 전기마당과 일정한 전하를 가지는 광물알갱이들과의 호상작용에 귀착된다.

전기마당에 놓인 알갱이에 작용하는 전기적힘은 알갱이의 전하와

그리고 그 알갱이의 상대유전률과 매질의 상대유전률과의 차이에 의하여 결정된다.

2) 전기선별기

전기선광은 전기선별기로 한다.

전기선별기는 전기마당의 특징과 광물들을 대전시키는 방법, 구조 등에 따라서 공기매질의 정전기마당을 쓰는 선별기, 공기매질의 코로나방전마당을 쓰는 선별기, 액체유전매질속의 고르롭지 않은 정전기마당을 쓰는 선별기로 나눈다.

이러한 전기선별기들가운데서 정전기선별기에 대하여 간단히 보기로 한다.

이 선별기에서 광물알갱이들은 대전된 금속전극걸면에 닿아 접촉 및 쓸림에 의하여 대전된다. 이때 도체알갱이들은 전극과 같은 부호의 전하로 대전되며 전극에서 튀여나오게 되나 부도체들은 분극될뿐 전극에 대하여 전기적으로 중성인 알갱이처럼 작용한다.

이 형식의 선별기는 전기전도도의 차이가 비교적 큰 광물들을 선별하는데 쓰인다.

전극과 반대되는 부호로 광물알갱이들을 미리 대전시키면 도체와 부도체의 운동자리길을 더 현저히 차이나게 할수 있다.

이때 도체는 전극에 닿자마자 곧 전극과 같은 부호의 전하를 띠면서 튀여나오고 부도체는 전극에 끌리워 일정한 시간이 지나야 떨어지게 된다.

재료를 미리 대전시키기 위하여 끝이 뾰족한 전극을 써서 공기를 이온화하기도 한다.

그림 5-48. 2렬로라식정전기선별기
1-원재료, 2-먼지, 3-미광, 4-중간산물, 5-정광

그림 5-48에는 2렬로라식정전기선별기를 보여주었다.

이 선별기에서 원재료 1은 분급회전접지전극 A에 의하여 두 갈래로 갈라진다.

전극 A와 B는 청동 혹은 불수강으로 만들며 그 직경은 75mm이고 길이는 2 400mm이다.

전극 A의 맞은편에는 직경이 5~6mm인 같은 부호의 2개의 고정전극막대 C가 있다.

솔 F는 전극 D를 청소하기 위한것이다.

전극 C와 D에는 높은 전압을 걸어준다.

이때 전극 B와 D사이에 흐르는 전류는 5mA이다.

재료알갱이들이 서로 쓸리거나 장치겉면과 마찰될 때 알갱이들에는 마찰전하가 생기며 그 전하에 의하여 미광, 중간산물, 정광으로 갈라진다.

5. 특수선광

1) 광전 및 방사선선광

광전 및 방사선선광은 예비선별에서 손고르기를 대신하는 현대적인 선광법이다.

(1) 광전선광

광전선광은 광전효과인 색과 광택의 차이로 광석이나 석탄에 섞여있는 굵은 버럭을 골라내는 선광법이다.

그림 5-49에 광전효과를 리용하여 덩어리광석을 선별하는 장치의 원리를 주었다.

이 장치는 급광기, 벨트콘베아, 광원, 광전관, 증폭기, 스위치, 전자석, 용수철 등으로 이루어져있다.

0.5m/s이하의 속도로 움직이는 벨트콘베아에 실려나가는 재료덩어리들에는 광원으로부터 빛이 쪼여진다. 이 빛은 덩어리들의 색과 빛에 따라 덩어리들로부터 각이하게 반사된다.

반사빛의 세기가 일정한 값이 되면 광전관이 작용한다. 광전관에서 생기는 전류는 증폭되여 전자석을 동작시킨다.

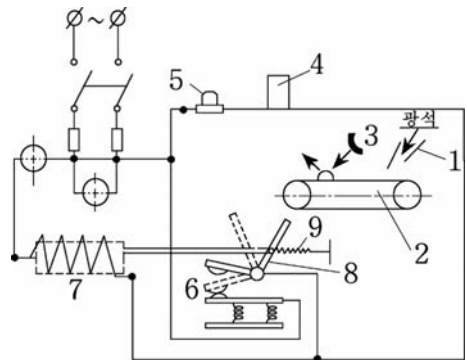



그림 5-49. 광전선광의 원리
1-급광통, 2-벨트콘베아, 3-광원,
4-광전소자(광전관), 5-증폭기, 6-스위치,
7-전자석, 8-가름조절판, 9-용수철

그러면 전자석은 가름조절판을 당기여 덩어리들을 벨트밑에 떨어지게 한다.

광전관에 반사빛을 충분히 보내지 못하는 덩어리(이런 덩어리가 대부분을 차지한다.)들이 광원밑을 지날 때에는 전자석의 권선에 흐르는 전류가 차단되여 가름조절판은 용수철의 당김에 의하여 본래의 위치에로 되돌아간다.

(2) 방사선선광

방사선선광은 방사선을 리용하여 광석이나 석탄속에 섞여있는 맥석이나 버럭을 골라내는 선광법이다.

이 선광에서는 천연방사능광물에서 나오는 방사선을 리용하거나 인공적인 방사선의 원천에서 나오는 방사선을 리용한다. 이러한 방사선에는 α, β, γ선이 있는데 주로 γ선을 리용한다.

실례로 품위가 높은 우라니움의 굵은 덩어리광석을 골라낼 때 방사선복사를 리용할수 있다.

이런 광석은 광전관대신에 가스방전계수관이나 섬광계수관 등의 방사선수감요소를 써서 골라낸다.

방사선수감요소들은 광전관과 마찬가지로 일정한 복사세기에서 전기장치나 기계장치에 의하여 가름조절판을 동작시킨다.

광석에 섞여나오는 맥석덩어리나 석탄에 섞여있는 버럭덩어리들을 골라내는데 방사선선별장치를 쓸수 있다.(그림 5-50)

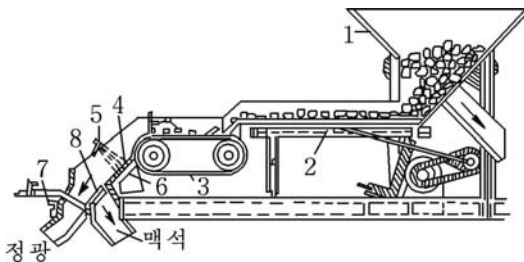



그림 5-50. 방사선선별장치의 원리

1-급광통, 2-요동수채, 3-벨트콘베아, 4-경사수채, 5-방사선원천, 6-계수장치, 7-전자석, 8-가름조절판

이 선별장치에서는 덩어리들을 꿰뚫어지나는 방사선의 약화효과에서의 차이가 리용된다.

원재료는 급광통에서 요동수채를 거쳐 짧은 벨트콘베아우에 떨어진다.

벨트콘베아에서는 요동수채에 비하여 움직이는 속도가 빠르기때문에 덩어리들사이의 거리는 요동수채에서보다 길어진다. 덩어리들이 경사수채를 따라 미끄러져내리는 과정에 방사선원천에서 나오는 방사선을 받는다.

덩어리들의 방사선투과정도에 따라 고속도감마-전자관계전기가 동작한다. 이 계전기의 수행기구의 작용에 의하여 광석(혹은 석탄)덩어리들과 맥석(혹은 버럭)덩어리들이 서로 갈라진다.

2) 마찰과 모양에 의한 선별

알갱이들의 마찰결수의 차와 모양의 차이를 리용하여 그것들을 서로 고를수 있다.

어떤 물매를 가진 경사면을 따라 알갱이들이 운동할 때 알갱이와 걸면사이의 마찰은 알갱이와 걸면의 물리적성질과 모양에 많이 관계되며 알갱이의 운동특성에도 관계된다.

마찰결수가 작고 둥글둥글한 모양을 가진 덩어리나 알갱이들은 마찰결수가 큰 넙적한 모양의 덩어리나 알갱이들보다 경사면을 따라 내려가는 속도가 더 크다.

실례로 석면과 사문석의 선별이나 석탄에 섞여있는 넙적한 점판암의 선별을 들수 있다.

경사면을 따라 내려갈 때 면에 대한 마찰결수가 작은 석탄덩어리들은 마찰결수가 큰 점판암덩어리들에 비하여 빨리 미끄러져내린다.

3) 굵기와 굳기에 의한 선별

재료를 굵기별로 선별하는 좋은 실례의 하나는 무연탄속에 섞여있는 버럭을 골라내는것이다.

우리 나라 무연탄광들에서 무연탄에 섞여있는 버럭의 굵기는 크고 무연탄의 굵기는 작다. 따라서 캐낸 무연탄을 일정한 크기의 채눈을 가진 채로 채질만 하여도 굵은 덩어리로 들어있는 버럭을 적지 않게 골라낼수 있으며 이것으로 캐낸 무연탄의 질을 높일수 있고 그것을 용도별요구에 맞게 공급할수 있다.

그러나 굵기의 차 하나만으로는 무연탄에 섞여있는 버럭을 충분히 골라낼수 없다.

채질만 하는 경우에는 채웃산물가운데에 큰 석탄덩어리들이 섞여들어갈수 있기때문에 석탄손실을 가져올수 있다.

그러므로 이런 경우에는 버럭을 될수록 깨지 않고 깨지기 쉬운 석탄덩어리들만을 선택적으로 깨면서 동시에 채질하는 선택파쇄채질을 하는것이 효과적이다.

4) 화학선광 및 미생물선광

(1) 화학선광

일정한 광물들이 유기화합물이나 무기화합물들에 풀리는 성질을 선별의 목적에 리용할수 있다.

광석이나 정광에 들어있는 금속들이 산화되여있으면 용해되기 쉽고 따라서 침출하기도 쉬워진다.

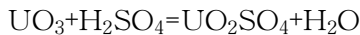
이러한 실례로 산화된 동광석이나 우라니움광석을 들수 있다.

금속을 침출하는데 쓰이는 용제로서는 류산(바나디움, 동, 아연, 우라니움), 탄산소다(탄산염광석에 들어있는 바나디움, 몰리브덴, 월프람, 우라니움), 가성소다(알루미니움, 월프람), 암모니아(동, 니켈), 시안염(금과 은), 티오류산염(금과 은) 등이다.

화학선광은 우라니움광석의 기본선광법으로 널리 쓰이고있다.

우라니움광석의 화학적선광에서는 탄산염광물들의 함유률이 낮을 때에는 희류산을 쓰고 탄산염광물들이 많을 때에는 탄산염이나 중탄산염의 용액을 쓴다.

류산을 리용하는 경우에 우라니움은 다음과 같은 반응식에 의하여 용매에 풀린다.

$$UO_3+H_2SO_4=UO_2SO_4+H_2O$$

용매에 풀린 우라니움은 이온교환수지나 유기용매를 리용하여 걷어들인다.

화학선광은 또한 부유선광과 함께 선별하기 어려운 산화된 동광석이나 혼합동광석을 처리하는데도 적용될수 있다.

부유선광-습식제련법의 본질은 결국 산화된 동광물들을 류산에 풀리게 한 다음 풀린 동을 해면철로 침전시키고 산성매질에서 류화광물들과 함께 부유시키는것이다.

동을 침출하는데는 류산을 쓴다. 이때 류산의 소비량은 동 1㎏당 3~5㎏정도이다.

화학선광은 또한 월프람-몰리브덴을 함유한 광물의 종합정광이나 석정광 혹은 기타 산물들을 다시 선별하는데도 쓰인다.

(2) **미생물선광**

류산용액에 류화광물들이 풀리는 과정을 촉진시키기 위하여 미생물들이 널리 쓰이고있다.

미생물선광법이 적용됨으로써 품위가 낮은 광석이나 이미 캔 채굴장에 내버려둔 잔주에서 쓸모있는 성분들(동, 우라니움 등)을 걸어들일수 있게 되였을뿐아니라 유색금속이나 희유금속 혹은 귀금속광석에서 해로운 성분(비소)도 골라버릴수 있게 되였다.

미생물선광에서 가장 널리 쓰이는것은 류황박테리아인 티오바틸루스훼로옥시단스(철산화박테리아)와 티오바틸루스티오옥시단스(류황산화박테리아)이다.

류황박테리아들은 화학적합성체인데 그 유일한 생존원천은 물에 잘 용해되지 않는 2가철과 류황을 물에 잘 용해되는 화합물로 산화시키는 과정(발열반응)이다.

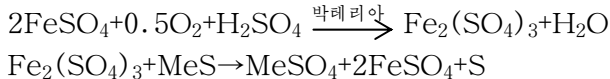
이때 생기는 에네르기는 미생물이 공기나 물 혹은 광석에 들어있는 가스를 섭취하는데 소비된다. 여기서 나온 탄소는 세포조직을 만드는데 돌려진다.

류황박테리아들은 길이 0.8~1㎛, 너비 0.4㎛의 간균모양을 하고 있으며 편모로 움직인다.

철산화미생물들은 직접적으로나 간접적으로 류화광물들을 류산염에 이르기까지 산화시킨다.

미생물들은 류산제1철을 류산제2철로 산화시키는데 류산제2철은 류화광물에 대한 센 산화제이며 용제이다. 즉

$$2FeSO_4+0.5O_2+H_2SO_4 \xrightarrow{\text{박테리아}} Fe_2(SO_4)_3+H_2O$$

$$Fe_2(SO_4)_3+MeS \rightarrow MeSO_4+2FeSO_4+S$$

박테리아를 쓰는 선광에서 가장 중요한 요인은 박테리아에 의하여 류산제2철을 빨리 재생시키는것인데 이것에 의하여 산화과정과 침출과정이 빨리 촉진된다.

박테리아에 의한 류화광물들의 산화작용의 속도는 pH=2~3, 온도 25~35℃일 때 최대로 높아진다.

류황박테리아는 보통의 화학적방법에 비하여 황동광의 풀림속도는 12배, 류비철광과 섬아연광의 풀림속도는 7배, 동과 반동광의 풀림속도는 18배로 높인다.

제4절. 선광산물처리공정

선광장(선탄장)에서 광석(석탄)을 선별하면 두가지 산물인 정광(정탄)과 미광(버럭)이 나온다.

그런데 이러한 산물들에는 물이 많이 들어있는가 하면 특히 버리는 미광속에는 생태환경에 나쁜 영향을 주는 유해로운 물질들이 들어있다. 그러므로 선별산물들을 잘 처리해야 한다.

1. 정광의 물빼기

광산과 탄광들에서 정광과 석탄의 물빼기를 잘하는것은 운반도중 정광과 석탄의 손실을 막을뿐아니라 그 수송량을 줄이며 정광의 포장, 운반을 쉽게 하고 겨울에 그것이 얼어붙는것을 막는데서 중요한 의의를 가진다.

또한 광산들에서 수분이 적은 정광을 야금공장이나 화학공장들에 보내야 그 처리를 성과적으로 진행할수 있다.

정광의 물빼기를 잘하기 위하여서는 재료의 특성(알굵기, 밀도, 적심성, 수분함유률, 물의 존재형태 등)에 알맞는 물빼기방법과 물빼기공정을 세워야 한다.

정광의 물빼기방법에는 자연물빼기, 기계적물빼기(농축, 려과, 원심분리 등) 및 건조(자연 및 열조건) 등이 있다. 이러한 방법들은 재료가운데에 있는 수분의 포함형태와 정광의 수분에 대한 요구조건에 따라 옳게 적용하여야 한다.

고체재료중에 포함되여있는 수분은 내부수분, 흡착수분, 박막수분, 실관수분 및 유리수분으로 나눈다.

내부수분(화학적결합수분)은 고체가운데에 결정수 및 그밖의 형태로 들어있는 수분으로서 이것은 재료를 300℃이상으로 가열할 때에만 없어진다.

흡착수분은 흡착힘에 의하여 고체겉면에 얇은 막모양으로 붙어있는 수분으로서 이것은 고체가 액체상태의 물 혹은 기체상태의 수증기와 접촉할 때 생긴다. 이 수분도 기계적물빼기방법으로는 없앨수 없으며 건조방법으로서만 없앨수 있다.

모세관수분은 고체겉면의 틈, 알갱이들사이의 짬 등에 모세관압력에 의하여 머물러있는 수분으로서 이것은 기계적물빼기과정에 일부 없

어진다. 유리수분(중력수분)은 재료에서 모세관이 아닌 비교적 큰 짬에 머물러있는 수분으로서 이것은 중력의 작용에 의하여 없앨수 있다.

그러므로 이 수분도 기계적물빼기과정에 모두 없앨수 있다.

재료는 수분함유률에 따라서 액상재료(수분함유률 40%이상), 젖은 재료(15~20%로부터 40%까지), 습기재료(5~6%로부터 15~20%까지), 마른 재료(5~6%이하)로 나눈다.

재료가운데에 있는 수분의 포함정도에 따라서 물빼기방법들과 단계를 옳게 선정하는것은 물빼기작업의 기술경제적효과성을 높이는데서 매우 중요하다.

례를 들어 수분을 70~80% 포함하면 부선거품정광은 처음에 농축하여 수분을 30~40% 되게 낮추고 다음에 이것을 려과하여 8~12%까지 낮춘다. 정광의 수분을 그 이하로 낮추어야 할 때에는 열건조를 한다.

열건조는 비용이 많이 드는 물빼기단계이므로 될수록 농축과 려과단계에서 요구되는 정도까지 수분을 낮추도록 하여야 한다.

1) 농축

농축은 광액에서 중력(때로는 원심력)의 작용으로 고체는 가라앉히고 물을 찌워내는 물빼기방법으로서 농축기로 한다.

농축기는 부선거품정광속에 들어있는 물을 빼는 첫 단계에 쓰이며 그밖에 중간산물 및 미광의 물빼기에도 쓰인다.

농축과정에서 가장 중요한것은 정광가운데에 있는 모든 크기의 고체알갱이들을 빨리 가라앉히는것이다.

부선거품정광에서 가장 큰 알갱이의 크기는 보통 0.1~0.2mm 되지만 가장 작은 알갱이는 교질 및 분자크기에 이른다.

굵은 알갱이들은 농축과정에 빨리 가라앉지만 보드라운 알갱이들은 매우 뜨게 가라앉거나 지어 전혀 가라앉지 않는다.

정지한 물에서 1㎛이상 되는 고체알갱이들은 중력의 작용으로 가라앉는다. 실제 1㎛까지의 알갱이들이 중력의 작용으로 가라앉기는 하지만 그 속도는 대단히 뜨다.

1㎛이하의 교질알갱이들은 분자열운동 및 같은 부호로 대전된 보드라운 알갱이들의 전기적반발력에 의하여 가라앉지 못한다.

이런 매우 보드라운 알갱이들을 가라앉히기 위하여서는 응결제(석회, 칼리움명반, 제2염화철, 류산제1철, 류산마그네시움)들을 써서 보

드라운 알갱이들을 서로 뭉치게 하여야 한다.

그러면 농축과정을 훨씬 촉진시킬수 있다.

농축기는 긁개틀의 전동방식에 따라 중심전동식과 주변전동식으로 나눈다.

중심전동식에서 농축통의 직경(농축기의 크기를 표시한다.)은 1.8m이상으로 한다.

농축기는 본래 설치면적을 많이 차지하므로 직경이 작은것을 여러대 놓는다.

그러나 직경이 큰 대형농축기를 놓는것이 더 좋다.

중심전동식농축기는 보통 철근콩크리트통으로 만든다.

농축통 1의 웃가장자리에는 찌운 물을 넘기기 위한 일류턱과 넘어난 물을 내보내기 위한 둥근수채 2가 있으며 통의 가운데에는 광액을 공급하는 급광원통 15가 있다.(그림 5-51)

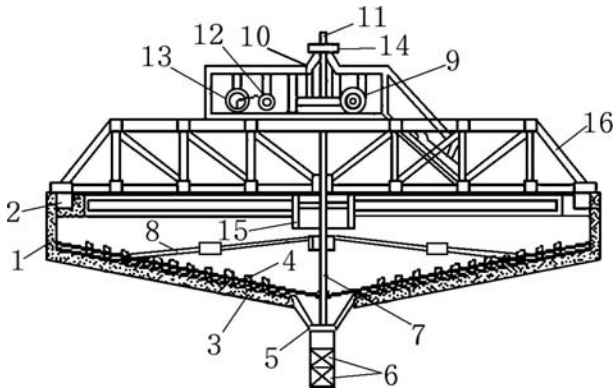



그림 5-51. 중심전동식농축기

1-농축통, 2-둥근수채, 3-긁개틀, 4-긁개판, 5-배출구, 6-배출면, 7-수직축, 8-당김대, 9-웜축, 10-축지지틀, 11-나사, 12-감속기, 13-전동기, 14-손잡이, 15-급광원통, 16-트라스

통의 바닥은 통변두리로부터 가운데로 8~15°로 비탈져있다.

통바닥에 가라앉은 앙금은 긁어모아 바닥가운데에 있는 배출변 6이 있는 배출구 5로 내보내기 위한 긁개판 4가 달려있다.

긁개틀 3이 수직축 7에 의하여 천천히 돌아간다. 긁개틀은 당김대 8로 수직축에 련결되여있으며 축지지틀 10에 지지되여있는 수직축은 웜축 9, 감속기 12 및 전동기 13에 의하여 회전한다.

여기에는 긁개틀을 들어올리거나 내리우기 위한 나사 11 및 손잡이 14가 달려있다.

이것은 굵은 알갱이들이 통안에 너무 많이 차서 긁개틀에 지나친 짐이 걸렸을 때나 그밖에 다른 사고가 생겼을 때 긁개틀을 들어올리는데 쓴다.

직경이 10m인 중심전동식농축기에서 통의 깊이는 가운데서 4m, 가장자리에서 3m이고 긁개틀의 회전속도는 0.1r/min이다.

그리고 농축통의 침전면적은 78m^{2}이고 보통의 부선거품정광을 처리할 때의 처리능력은 24h동안에 80~240t이다.

2) 려과

려과는 농축에 이어 진행하는 두번째 물빼기단계이다.

려과공정에서는 물빼기를 잘하여 정광에 따라 그의 수분을 7~12%이하로 낮추어 정광의 수분에 대한 기술조건을 보장하도록 하여야 한다.

려과에서는 려과막(다공성재료, 천 등)을 리용하여 물을 짜내고 고체는 려과막우에 남긴다.

다시말하여 려과에서는 려과막의 앞뒤면에서의 압력차에 의하여 물은 빨아내고 고체는 려과막우에 남긴다.(그림 5-52)

려과재료우에 남는 앙금은 불규칙한 모양을 가진 보드라운 고체알갱이들로 쌓여 이루어지며 고체알갱이들의 틈을 따라 흐르는 액체의 흐름상태는 층흐름을 이룬다.

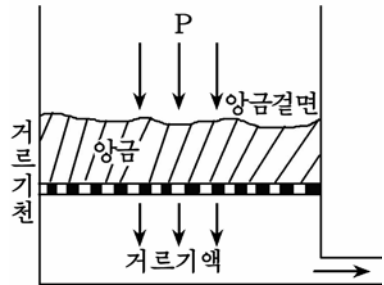
그림 5-52. 정광의 려과공정

려과속도를 높여 려과과정을 촉진하기 위하여서는 무엇보다도 려과압력 P를 크게 하는것이 필요하다.

이로부터 려과천의 뒤면에 진공을 조성(0.07~0.093MPa)하거나 혹은 려과압력(0.03~0.04MPa로부터 0.3~0.4MPa까지)을 가하여주기도 한다.

정광의 려과는 려과기로 한다.

려과는 려과압력을 조성하는 방법에 따라 중력려과기, 진공려과기 및 가압려과기로 나눈다.

진공려과기는 려과기에 광액을 공급하는 방법에 따라 외부려면식과 내부려면식으로 나누며 구조에 따라서 원통형과 원판형으로 나눈다.

선광장들에서 정광을 려과하는데는 흔히 외부려면식원통형진공려과기를 쓰며 드물게 원판형도 쓴다.

그러나 처리량이 많을 때에는 내부려면식원통형진공려과기 혹은 원판형려과기를 쓴다.

그림 5-53에 외부려면식원통형진공려과기를 주었다.

이 려과기는 크게 원통, 광액통, 정광가름판, 여러개의 공기관 등으로 되여있다.

그림 5-53. 외부려면식원통형진공려과기

1-원통, 2-광액통, 3-공기관, 4-정광가름판, 5-분배머리부, 6-웜, 7-전동장치

원통은 원둘레에 따라 몇개의 칸으로 갈라져있으며 걸면에는 천을 씌우고 쇠줄을 감았다.

원통의 아래부분은 광액통의 광액속에 잠겨있으며 원통의 안은 압축공기나 진공뽐프로부터 오는 여러개의 공기관들과 련결되여있다.

광액통에는 농축된 정광이 들어가는데 여기에는 정광이 가라앉지 않게 그것을 저어주기 위한 긁개가 달려있다.

원통을 전동기와 련결된 웜치차를 통하여 돌려주면 원통이 광액에 잠기는 부분에서는 진공뽐프에 의하여 천에 물을 빨아들인다.

그러면 원통의 걸면에 광물알갱이들이 들어붙는다.

그림 5-54에는 원통형진공려과기의 작업과정을 보여주었다.

원통이 돌아갈 때 처음(I구간의 처음부분)에 원통의 걸면은 그 구역에 대한 도관과 분배머리부를 거쳐 진공뽐프(진공통)와 련결되며 도관을 거쳐 려과액을 빨아들인다.

그림 5-54. 원통형진공려과기에서의 작업순환

그리고 려과천우에는 앙금이 가라앉게 된다.

이 과정은 원통걸면이 광액에 잠기기 시작할 때부터 원통걸면이 광액속을 지나올 때까지 계속된다. 원통걸면이 광액에 잠기기 시작해서부터 광액속을 지나나올 때까지 앙금이 원통걸면에 생겨나므로 이 구간 I을 앙금형성구간이라고 한다.

원통걸면이 앙금형성구간을 지난 다음에도 계속 진공뽐프와 련결되여있는데 이 구역 Ⅱ를 앙금건조구역이라고 한다.

원통걸면이 앙금건조구역을 지난 다음에는 분배머리부에서 압축기의 도관과 련결되며 려과천밑으로부터 앙금을 밖으로 내밀어준다.

그러면 려과천에 바싹 달라붙었던 앙금이 부풀어오르게 되며 앙금을 긁어내는 분할판에 의하여 떨어지게 된다.

이 구간 Ⅲ을 앙금제거구역이라고 한다.

앙금제거구역을 지난 다음에는 계속 원통걸면은 압축기와 련결되여있으면서 앙금을 긁어낸 려과천을 안으로부터 압축공기로 내불어줌으로써 려과천의 막힌 구멍들을 열어주게 된다.

이 구역 Ⅳ를 려과천청소구역이라고 한다.

이리하여 원통형진공려과기의 한 작업순환이 끝나게 된다.

려과기에서 진공과 압축공기조절은 분배머리부의 분배변에 의해 진행된다.

3) 건조

려과산물의 수분은 보통 8~10%이하로 떨어지지 않는다.

따라서 정광의 수분을 이보다 더 낮추려고 할 때에는 정광을 건조하여야 한다. 건조는 증발에 의하여 재료의 수분을 없애는 과정이다.

건조방법에는 주위공기의 온도에 의한 자연건조와 직접적인 가열에 의한 인공건조방법이 있다.

자연건조는 매우 천천히 진행되기때문에 공업적으로는 그리 쓰이지 않고 인공건조방법이 널리 쓰인다.

선광장들에서는 주로 원통형건조기를 쓴다.(그림 5-55)

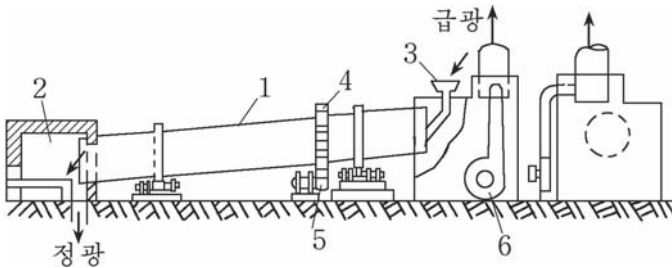



그림 5-55. 원통형건조기의 략도

1-원통, 2-화실, 3-급광구, 4,5-전동장치, 6-배풍기

원통형건조기는 천천히 돌아가는 원통, 화실, 전동장치 등으로 되여있다.

재료는 급광구로 공급하며 화실로부터 배풍기에 의하여 빨려나오는 가스와 반대방향으로 이동해가면서 건조된다. 이 건조기의 직경은 2 400mm이고 길이는 18 500mm이며 처리능력은 14.5t/h이다.

2. 미광처리

선광장에서 나오는 미광처리를 잘하는것은 인민경제적으로나 또한 인민들의 위생문화생활을 보장하는데서와 생태환경을 보존하고 유지하는데서 매우 중요한 의의를 가진다.

그것은 미광이나 버럭이 비물에 밀려 강으로 들어가면 강주변에서 사는 인민들의 생활에 지장을 주는것은 물론 강하천에서 양어를 할수 없게 되고 농작물의 성장에도 지장을 주게 되며 나라의 풍치를 손상시키기때문이다.

또한 미광에는 비록 지금은 버리게 되지만 그속에는 아직 유가성분이 남아있으며 이것은 앞으로 기술이 더욱 발전하고 그 유가성분에 대한 수요가 제기될 때 다시 쓸수도 있기때문이다.

그러므로 광산들에서는 미광침전지와 버럭퇴적장을 잘 만들어 미광이나 버럭이 강하천으로 흘러들지 않게 하여야 한다.

1) 미광침전지

선광장에서 나오는 미광처리의 기본방도는 미광침전지를 만들어 미광가운데에 있는 고체알갱이들은 가라앉히고 미광물은 정화하여 맑고 깨끗한 물로 되게 하는것이다.

미광침전지의 형식에는 그의 배치위치에 따라서 골짜기식, 기슭식, 평지식 등이 있다.

산이 많고 선광장들이 주로는 산경사에 배치되여있는 우리 나라에서 가장 많이 쓰이고있는것은 골짜기식미광침전지이다.(그림 5-56)

기슭식미광침전지는 강기슭의 산경사에 세 방향에서 ㄷ자형의 언제를 쌓고 그안에 미광을 채운다. 따라서 언제쌓는 공사량이 많다.

평지식미광침전지는 평지에 네 방향에서 ㅁ자형의 언제를 쌓고 그

안에 미광을 채운다.

이것은 언제공사량이 가장 많으므로 골짜기식이나 기슭식미광침전지를 쓸수 없는 경우에만 드물게 쓰인다.

이밖에 미광침전지로는 자연조건을 잘 리용하거나 그밖의 수단들을 리용할수도 있다. 즉 로천채굴한 자리, 수명이 끝난 갱 등을 리용할수도 있다.

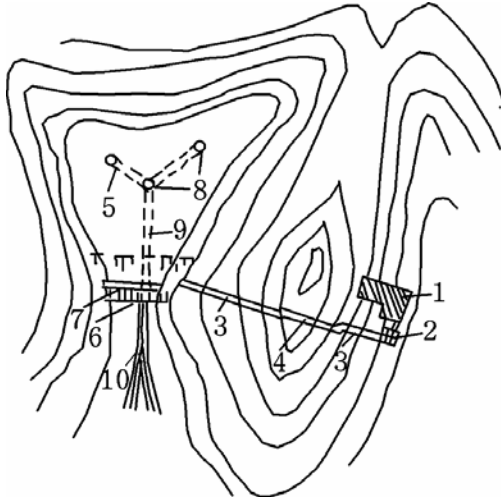



그림 5-56. 골짜기식미광침전지

1-선광장, 2-뽐프장, 3-미광수송관, 4-미광수송굴, 5-미광침전지, 6-처음뚝, 7-퇴적뚝, 8-퇴수우물, 9-퇴수관, 10-미광침전지에서 나오는 물

미광침전지에 미광을 채우는 방법에는 처음뚝쪽으로부터 침전지안으로 들어가면서 채우는 방법(그림 5-57, ㄱ)과 반대로 침전지안으로부터 처음뚝쪽으로 나오면서 채우는 방법이 있다.(그림의 ㄴ)

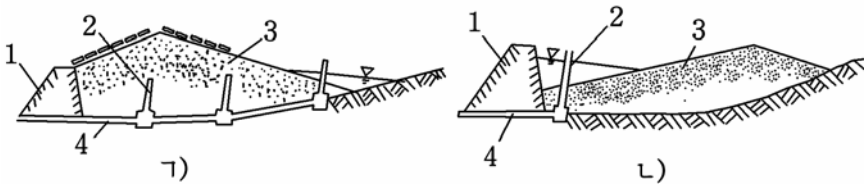



그림 5-57. 미광침전지에 미광을 채우는 방법

1-처음뚝, 2-퇴수우물, 3-퇴적미광비탈면, 4-퇴수도랑

보통 첫번째 방법이 많이 쓰인다.

그것은 처음뚝공사량이 적고 퇴적미광으로 계속 퇴적뚝을 높이 쌓을수 있기때문이다.

그러나 두번째 방법에서는 이와 반대이다.

다른 한편 첫번째 방법에서는 퇴수관의 길이가 길어지고 퇴수우물도 여러개 건설하여야 하지만 두번째 방법에서는 이런 결함이 없다.

어떤 방법을 쓰는가 하는것은 미광침전지의 위치, 사용년한, 운영조건 및 처음건설비용에 따라서 선택한다.

미광침전지에서의 퇴수시설로는 퇴수우물과 퇴수관을 리용하는 방법과 함께 침전지기슭을 따라 뚫은 굴을 리용하는 방법이 있다.

퇴수굴은 그의 운영이 단순하고 안전한 우점이 있으나 건설기간이 좀 오래고 처음건설비가 많이 드는 결함이 있다.

미광침전지의 위치는 선광장으로부터 될수록 가까운 곳에 충분한 크기를 가질수 있어야 하며 미광침전지건설에서 구조물공사량이 적고 침전지건설로 인하여 인민경제 다른 부문에 영향을 주지 않도록 정하여야 한다.

2) 미광물의 정화

미광침전지에서 나오는 미광물속에는 여러가지 화학시약들이 포함되여있다. 그러므로 미광물을 잘 정화하여 강하천을 오염시키는 일이 없도록 하여야 한다.

버리는 물의 질에 대한 요구조건은 버리는 물이 흘러드는 강하천의 리용조건에 관계된다.

강하천은 그의 리용조건에 따라서 주민들의 상수도수원을 보장하기 위한 제2위생보호구역에 속하는 제1종수역, 주민들의 독립적인 대상 또는 개별적인 산업기업소들에서 음료수용수원으로 쓰이며 물고기들이 알낳이하는 제2종수역 및 물고기를 기르거나 문화휴식터로 리용되는 제3종수역으로 나눈다.

강물의 수질에 대한 요구는 높으나 표 5-2에서 보는바와 같이 선광미광물에서는 일부 유독성물질이 허용량을 초과하고있다.

따라서 미광물을 정화하여야 한다.(표 5-2)

선광미광물의 수질분석결과/mg · L^{-1} 표 5-2

성 분	금선광장미광	연,아연선광장미광	자철광선광장미광	흑연선광장미광
pH	9.9~11.6	7~11	8.7~9.3	8.7
증발찌끼	81 000	20 000	103 500	9 030
CN^-	281~320	2~5	-	-
CNS^-	30	2~5	-	-
Cu^{2+}	0.4	0.4~8	0.2	0.2
Pb^{2+}	-	5~10	-	-
Zn^{2+}	-	-	-	0.1
Fe^{3+}	1.5	-	2.5	1.5
크산토겐산염	-	0.6	-	-
솔기름	-	2~3	-	-
크레졸	-	30	-	-

선광미광물에서 중요한 독성시약들은 시안화물, 크산토겐산염류, 페놀류 등이다.

미광물의 정화방법에는 기계적정화방법(침전려과, 원심분리 등), 물리화학적방법(흡착, 추출 등) 및 화학적정화방법(응집, 중화, 산화 등)이 있다.

선광미광물에 들어있는 독성시약들은 선광장으로부터 미광침전지로 오는 도중에 또는 미광침전지에서의 침전과정에 그의 일정한 량이 자연적으로 정화된다.

시안기는 미광침전지에서 공기의 산화작용과 자외선의 작용에 의하여 그의 약 60%는 산화되여 없어지고 나머지는 CN^-이온 또는 착화합물형태로 있게 된다.

시안기는 산화시켜 독성이 없는 OCN^-이온으로 침전려과시켜 없앨수 있다.

산화제로서는 염화석회를 쓸수 있다.

미광물에서 냄새와 맛을 일으키는 물질의 허용농도는 표 5-3, 유독성물질의 허용농도는 표 5-4와 같다.

미광물에서 냄새와 맛을 일으키는 물질의 허용농도 표 5-3

물질의 이름	허용농도/mg·L^{-1}	물질의 이름	허용농도/mg·L^{-1}
크산토겐산염	0.05이하	류화탄소	1.0이하
페놀	0.01이하	4염화탄소	5.0이하
솔기름	0.1이하	암모니아	5.0이하
디티오린산염	0.5이하	철	0.5이하

미광물에서 유독성물질의 허용농도 표 5-4

물질의 이름	허용농도/mg·L^{-1}	물질의 이름	허용농도/mg·L^{-1}
연	0.1이하	코발트	1.0이하
아연	5.0이하	철	0.5이하
수은	0.005이하	시안기	0.1이하
비소	0.05이하	크롬	0.1이하
동	0.1이하	시안화물	0.1이하
니켈	0.1이하	류산동	0.1이하
망간	0.05이하	솔기름	0.2이하
염소	0.5이하	크레졸	0.1이하
불소	1.5이하		

페놀은 침전지에서 많은 량이 흡착 및 산화되여 없어진다. 흡착제로서는 활성탄, 석탄슬라크 등을 쓴다.